

## Standardin SFS-EN 1090-2 soveltamishje Teräsrakenteiden toteutus – NCCI T







Standardin SFS-EN 1090-2  
soveltamisohje  
Teräsrakenteiden toteutus – NCCI T

Liikenneviraston ohjeita 28/2014

*Kannen kuva: Jetro Matilainen*

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-255-494-9

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Infra ja ympäristö-osasto

Voimassa

1.11.2014

Asiasanat

ohjeet, sillat, teräsrakenne, toteutus

## Standardin SFS-EN 1090-2 soveltamisohje Teräsrakenteiden toteutus - NCCI T

Tätä sovellusohjetta käytetään yleisten teiden siltojen ja rautatiesiltojen teräsrakenteiden toteutuksessa. Lisäksi ohjetta käytetään niiden yksityistiesiltojen toteutuksessa, jotka saavat valtion avustusta sillan rakentamiseen. Ohjetta voidaan soveltaa myös muiden teräksisten taitorakenteiden toteutuksessa.

Ohjeessa esitetään teräsrakenteiden toteutuksen tekniset vaatimukset ja laadunhallinnan vaatimukset koskien sekä konepajavalmistusta että asennusta. Teräsrakenteiden suunnittelun osalta esitetään toteutuseritelmässä ja asennustapaehdotuksessa annettavat tiedot.

Ylijohtaja



Raimo Tapio

Tekninen johtaja



Markku Nummelin

### LISÄTIETOJA

Tomi Harju

Liikennevirasto

puh. 029 534 3547



## Esipuhe

Tämä ohje sisältää Liikenneviraston siltojen teräsrakenteiden toteuttamisen ohjeet standardin SFS-EN 1090-2:2008+A1:2011 *Teräs- ja alumiinirakenteiden toteuttaminen – Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset* mukaan - jäljempänä standardista on käytetty lyhennettyä nimikettä SFS-EN 1090-2.

Ohje sisältää suunnittelijan ja toteuttajan huomioon otettavat asiat teräsrakenteiden toteutuksen osalta. Tämä julkaisu on kansallinen suositus standardin SFS-EN 1090-2 liitteen A ja Liikenneviraston omien kelpoisuusvaatimusten siltakohtaisesta esittämisestä. Osa asioista on esitetty noudatettavaksi kaikkien siltojen yhteydessä ja osa jätetty ratkaistavaksi siltakohtaisesti. Ohje on laadittu siltarakenteille, mutta soveltaen sitä voidaan käyttää myös muissa infrarakentamisen teräksisissä taitorakenteissa.

Ohjeen laatijoina ovat toimineet Tomi Harju Liikennevirastosta ja Juhani Hyvönen Insinööritoimisto Pontek Oy:stä. Ohjeen laatimista on ohjannut Liikenneviraston asiantuntijaryhmä, jonka jäseninä ovat toimineet edellä mainittujen lisäksi Heikki Lilja ja Arvo Heikkinen Liikennevirastosta ja Matti-Esko Järvenpää WSP Finlandista.

Helsingissä lokakuussa 2014

Liikennevirasto  
Taitorakenneyksikkö

## Sisällysluettelo

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Yleistä .....	7
1.2	Ohjeen rakenne .....	8
2	SUUNNITTELUSSA HUOMIOON OTETTAVAT VALMISTUKSEEN JA ASENNUKSEEN LIITTYVÄT ASIAT SFS-EN 1090-2 MUKAAN .....	9
2.1	Toteutuseritelmän laadinta .....	9
2.2	Toteutusluokan valinta .....	10
2.3	Esikäsittelyluokan valinta .....	11
2.4	Toleranssiluokan valinta .....	11
2.5	Hitsausluokan ja hitsien tarkastuslaajuuden valinta .....	11
2.6	Työturvallisuutta koskevat teknilliset vaatimukset .....	12
2.7	Asennustapaehdotus .....	13
3	TERÄSRAKENTEIDEN VALMISTUS JA ASENNUS .....	15
3.1	Liikenneviraston vaatimukset teräsrakenteiden toteutukselle .....	15
3.2	Valmistuksen ja asennuksen suunnitelmat (SFS-EN 1090-2, luku 4.2) .....	17
3.2.1	Tekniset työsuunnitelmat .....	17
3.2.2	Laatusuunnitelma .....	22
3.3	Laatuasiakirjat .....	24
3.4	Tuotteet ja materiaalit (SFS-EN 1090-2, luku 5) .....	26
3.4.1	Yleiset vaatimukset .....	26
3.4.2	Rakenneterästuotteet .....	27
3.4.3	Teräsvalut .....	32
3.4.4	Hitsausaineet .....	32
3.4.5	Mekaaniset kiinnittimet .....	32
3.4.6	Leikkausliittimet (sidepultit) .....	37
3.4.7	Juotoslaastit .....	37
3.4.8	Siltojen liikuntasaumat .....	37
3.4.9	Korkealujuusköydet, tangot ja ankkurin päätteet .....	37
3.4.10	Muut aineet ja tarvikkeet .....	39
3.5	Esivalmistus ja kokoaminen (SFS-EN 1090-2, luku 6) .....	40
3.5.1	Tunnistaminen .....	40
3.5.2	Käsittely ja varastointi .....	41
3.5.3	Leikkaus .....	42
3.5.4	Muotoilu .....	43
3.5.5	Rei'itys .....	44
3.5.6	Aukot .....	46
3.5.7	Täydelle kosketuspinnalle tarkoitetut pinnat .....	46
3.5.8	Kokoaminen .....	47
3.5.9	Kokoamisen tarkastus .....	47
3.6	Hitsaus (SFS-EN 1090-2, luku 7) .....	48
3.6.1	Hitsaussuunnitelma .....	48
3.6.2	Hitsausmenetelmien ja hitsaushenkilöstön hyväksyminen .....	48
3.6.3	Hitsauksen esivalmistus ja suoritus .....	49
3.6.4	Hitsien hyväksymiskriteerit .....	58
3.6.5	Ruostumattomien terästen hitsaus .....	58

3.7	Mekaaninen kiinnittäminen (SFS-EN 1090-2, luku 8) .....	60
3.7.1	Yleistä .....	60
3.7.2	Ruuvikokoonpanot .....	60
3.7.3	Esijännittämättömien ruuvien kiristäminen.....	63
3.7.4	Kosketuspintojen valmistelu liukumisen kestävässä kiinnityksissä .....	64
3.7.5	Esijännitettyjen ruuvien kiristäminen .....	65
3.7.6	Soviteruuvit .....	68
3.7.7	Kuumaniittaus.....	68
3.7.8	Ohutlevykokoonpanojen kiinnittäminen.....	68
3.7.9	Erytyskiinnittimien ja -kiinnitysmenetelmien käyttö .....	69
3.8	Asennus (SFS-EN 1090-2, luku 9) .....	70
3.8.1	Yleistä .....	70
3.8.2	Rakennusolosuhteet .....	70
3.8.3	Mittaus.....	70
3.8.4	Tuet, ankkurointi ja laakerit.....	70
3.8.5	Asentaminen ja työskentely työmaalla .....	72
3.9	Pintakäsittely ja korroosionesto (SFS-EN 1090-2, luku 10 + liite F) .....	73
3.9.1	Yleistä .....	73
3.9.2	Teräsalustan esivalmistus .....	74
3.9.3	Säänkestävät teräkset .....	79
3.9.4	Sinkityt teräkset.....	80
3.9.5	Suljettavien tilojen tukkiminen.....	80
3.9.6	Betonin kanssa kosketuksissa olevat pinnat.....	82
3.9.7	Puurakenteiden kanssa kosketuksissa olevat pinnat .....	84
3.9.8	Luoksepääsemättömät pinnat.....	84
3.9.9	Leikkauksen tai hitsauksen jälkeiset korjaukset .....	85
3.9.10	Asennuksen jälkeinen puhdistaminen.....	86
3.9.11	Korroosionesto, yleistä.....	86
3.9.12	Maalaus .....	87
3.9.13	Kuumasinkitys.....	88
3.9.14	Pintakäsittelyjen tarkastus.....	91
3.10	Toleranssit (SFS-EN 1090-2, luku 11).....	96
3.10.1	Yleistä .....	96
3.10.2	Rakenneosien valmistustoleranssit .....	97
3.10.3	Kokoonpanon mittatarkkuus.....	105
3.10.4	Lopullisen rakenteen mittatarkkuus .....	106
3.11	Tarkastus, testaus ja korjaukset (SFS-EN 1090-2, luku 12).....	111
3.11.1	Yleistä .....	111
3.11.2	Käytettävät tuotteet ja kokoonpanot .....	111
3.11.3	Valmistus: valmistettujen kokoonpanojen geometriset mitat .....	111
3.11.4	Hitsaus.....	112
3.11.5	Mekaaninen kiinnittäminen .....	115
3.11.6	Asennus.....	116
3.12	Työ- ja ympäristönsuojelu .....	118
3.12.1	Yleistä .....	118
3.12.2	Työsuojelun erityispiirteet terässillarakenteissa.....	118
3.12.3	Ympäristönsuojelun erityispiirteet teräsrakenteissa .....	119

## LIITTEET

- Liite 1 Toteutuseritelmä, mallidokumentti  
 Liite 2 Pintakäsittelyn työ- ja tarkastusalueet



# 1 Johdanto

## 1.1 Yleistä

Euroopan rakentamisen ja rakenteiden suunnittelun yhtenäistämisen seurauksena teräsrakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa eurooppalaiset standardit ovat korvanneet aiemmat ohjeet. Voimassa olevien säännösten mukaan teräsrakenteiden tulee olla suunniteltuna eurokoodin mukaisesti ja teräsrakenteiden valmistuksessa on noudatettava standardia SFS-EN 1090-2 viitestandardeineen. Harmonisoidun standardin SFS-EN 1090-1 siirtymäaika päättyi 1.7.2014, jonka jälkeen CE-merkintä tuli myös teräsrakenteille pakolliseksi. Teräs- ja liittorakennesiltojen teräsosia koskevat eurokoodit ovat:

- SFS-EN 1990
- SFS-EN 1991
- SFS-EN 1993-2
- SFS-EN 1994-2
- sekä näihin standardeihin liittyvät kansalliset liitteet.

Tämä ohje sisältää Liikenneviraston siltojen teräsrakenteiden toteuttamisen ohjeet sisältäen standardin SFS-EN 1090-2 liitteen A ja Liikenneviraston omat kelpoisuusvaatimukset. Ohjetta tulee käyttää rinnakkain standardin SFS-EN 1090-2 kanssa ja tässä on esitetty vain tuosta standardista poikkeavat tai sitä tarkentavat tiedot. Siltojen yleisten laatuvaatimusten osalta on lisäksi viitattu InfraRYL 2006 Osan 3 Sillat ja rakennustekniset osat lukuun 42001. Suunnittelussa ohjetta tulee käyttää yhdessä ohjeen Teräs- ja liittorakenteiden siltojen suunnittelu - NCCI 4 kanssa.

Tämä ohje koskee niin konepajavalmistusta kuin työmaalla tehtäviä asennustöitä. Ohjeessa on esitetty teräsrakenteiden suunnittelussa huomioon otettavat valmistukseen ja asennukseen liittyvät asiat standardin SFS-EN 1090-2 mukaan.

Suunnittelijaa varten on toteutuseritelmän ja asennustapaehdotuksen laadintaan annettu yksityiskohtaiset ohjeet.

Valmistuksen osalta on teräsrakenteiden työ- ja laatusuunnitelmien sekä lopullisen laatuaineiston osalta annettu ohjeet ja Liikenneviraston vaatimukset. Rakenteiden toteutuksen tekniset vaatimukset on esitetty aihepiireittäin noudattaen standardin SFS-EN 1090-2 lukuja. Lisäksi on esitetty periaatteet työ- ja ympäristösuojelulle.

Standardin SFS-EN 1090-2 velvoittava liite A sisältää noin 150 projektikohtaisesti määritettävää lisäystä täydentämään standardin vaatimuksia. Liitteen A taulukko A.1 sisältää noin 60 teknistä asiaa, joille tulee sillan rakennussuunnitelmassa esittää silta-kohtainen vaatimus ja taulukko A.2 noin 90 teknistä asiaa, joita koskien standardi antaa mahdollisuuden esittää vaihtoehtoisia vaatimuksia. Liitteen A kaikki kyseeseen tulevat kohdat tulee ottaa huomioon sillan rakennussuunnitelmissa. Standardi SFS-EN 1090-2 vaatii liitteiden A.1 ja A.2 mukaiset asiat esitettäväksi toteutuseritelmässä.

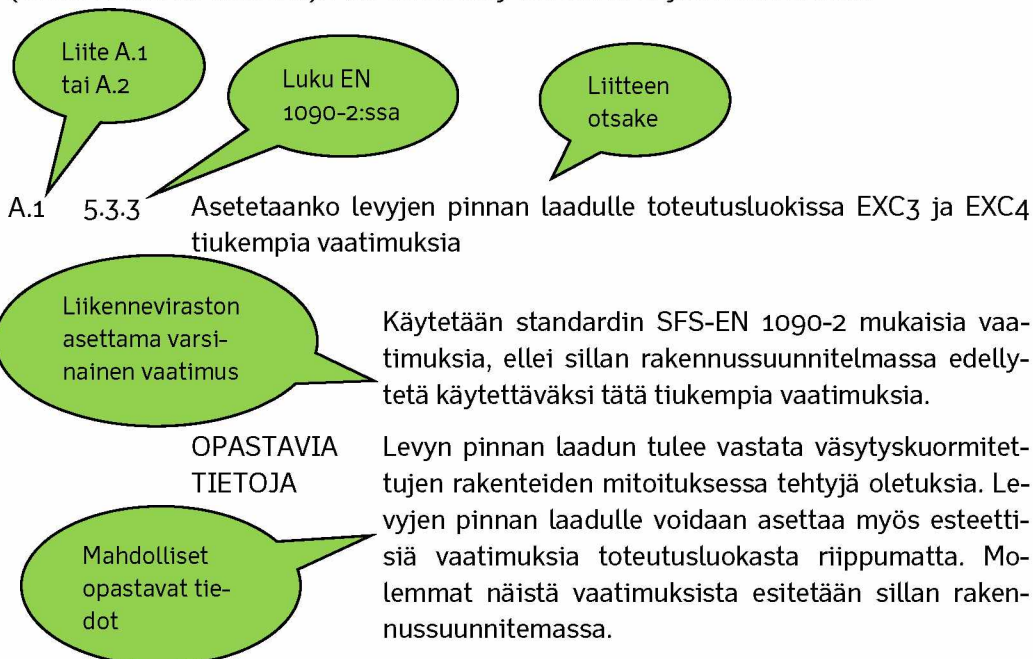
Liitteiden A tekstin pohjana tässä julkaisussa on käytetty Teräsrakenneyhdistys ry:n julkaisua 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, Ohjeita toteutuseritelmän laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

## 1.2 Ohjeen rakenne

Ohje on jaoteltu suunnittelua ja valmistamista koskeviin osioihin. Sillan suunnittelijan tulee kuitenkin aina tarkistaa vähintään Liikenneviraston ja liitteiden A.1 ja tarvittaessa A.2 mukaiset vaatimukset ja tarvittaessa kirjattava poikkeamat ja/tai lisävaatimet toteutuseritelmään. Samoin rakenteen toteuttajan ja valmistajan on hyvä käydä läpi suunnitteluun liittyvä luku.

Ohjeen toteutusta koskevan luvun 3 otsakkeet noudattelevat standardin SFS-EN 1090-2:n rakennetta.

Ohjeen käytettävyyden parantamiseksi standardin SFS-EN 1090-2 liitteen A taulukoiden A.1 ja A.2 mukaiset asiat on esitetty kyseiseen aiheeseen liittyvässä tekstiosiossa (ei siis erillisenä liitteenä). Alla on esitetty esimerkki ohjeen rakenteesta:



Liitteiden A.1 ja A.2 esittämien asioiden lisäksi Liikenneviraston asettamat kelpoisuusvaatimukset on esitetty alla olevan mukaisesti.



## 2 Suunnittelussa huomioon otettavat valmistukseen ja asentukseen liittyvät asiat SFS-EN 1090-2 mukaan

### 2.1 Toteutuseritelmän laadinta

LIVI 4.1 Toteutuseritelmä on laadittava kaikista Liikenneviraston teräsilloista standardin SFS-EN 1090-2 mukaisesti. Toteutuseritelmä sisältää kaikki teräsrakenteen toteuttamiseen tarvittavat tiedot ja se koostuu suunnittelijan ja toteuttajan asiakirjoista.

Toteutuseritelmän laatii suunnittelija ja valmistaja täydentää asiakirjan lisäämällä valmistuksen työ- ja laatusuunnitelmat aineistoon. Toteutuseritelmä on aina erillinen dokumentti. Rakennussuunnitelmaselostuksessa esitettyjä asioita ei toisteta, vaan niiden osalta riittää viittaus. Toteutuseritelmissä on kuitenkin hyvä esittää oleelliset toteutukseen suoraan liittyvät asiat, jotta ne löytyisivät yhdestä paikasta.

Suunnittelija määrittelee eri rakenneosien toteutusluokat. Luvussa 2.2 on esitetty periaatteet toteutusluokan valinnalle. Lisäksi suunnittelijan tulee ottaa kantaa seuraaviin asioihin:

- esikäsitteilyaste; luvussa 2.3 on annettu esivalinnat
- toleranssiluokat; esivalinnat luvussa 2.4
- hitsausluokka; esivalinnat luvussa 2.5
- pintakäsittely; pintakäsittely valitaan luvun 3.9 mukaan
- liitteiden A.1 ja A.2 mukaiset valinnat tulee käydä läpi ja jos on tarvetta poiketa tässä ohjeessa esitetyistä vaatimuksista, esitetään ne toteutuseritelmissä.

Liikennevirasto on laatinut SFS-EN 1090-2 liitteiden A.1 ja A.2 mukaiset perusvalinnat, jotka soveltuvat suurimpaan osaan Liikenneviraston teräsrakennekohteista. Perusvalintojen A1. ja A.2 lisäksi tässä ohjeessa on esitetty joukko muita Liikenneviraston lisävaatimuksia, jotka joko tarkentavat SFS-EN 1090-2:ssa esitettyjä asioita tai ovat kokonaan uusia vaatimuksia. Tässä ohjeessa esitettyjen vaatimusten osalta riittää, että toteutuseritelmissä viitataan ko. perusvalintoihin ja suositeltavaa on, ettei perusvalintoja toisteta toteutuseritelmissä. Jos jossain rakenteessa tai yksityiskohdassa vaaditaan perusvalinnasta poikkeavaa ratkaisua, esitetään se toteutuseritelmissä. Perusvalintoja helpottavat kohdat tulee suunnittelijan hyväksyttävä aina tilaajalla.

Liitteessä 1 on esitetty mallipohja toteutuseritelmiä Liikenneviraston siltakohteissa.



## 2.2 Toteutusluokan valinta

LIVI 4.1.2 Toteutusluokan valitsee aina suunnittelija ja se hyväksytetään Liikennevirastolla.

Siltojen teräsrakenteiden toteutusluokan valinnassa noudatetaan seuraavia yleisperiaatteita:

- toteutusluokkaa EXC 1 ei silloissa käytetä lainkaan. Väliaikaiset asennusaikaiset rakenteet voidaan hankekohtaisesti suunnitella ja valmistaa luokkaan EXC 1.
- toteutusluokkaa EXC 2 käytetään normaaleille kevyen liikenteen silloille.
- toteutusluokkaa EXC 3 käytetään yleensä ajoneuvo- ja rautatieliikenteen silloille sekä vaativien kevyen liikenteen siltojen kantavuuden kannalta tärkeille rakenneosille.
- toteutusluokkaa EXC 4 käytetään vain suurten ja/tai erikoisrakenteisten ajoneuvo- ja rautatieliikenteen siltojen kantavuuden kannalta keskeisille osille.

Toteutusluokka voi vaihdella rakenneosittain. Standardissa SFS-EN 1993-1-1 on esitetty periaatteet toteutusluokan valinnalle (ks. myös NCCI 4).

Toteutusluokka tulee aina esittää yksiselitteisesti suunnitelmissa. Jos koko sillan teräsrakenteelle käytetään yhtä toteutusluokkaa, se esitetään sanallisesti rakennussuunnitelmassa ja toteutuseritelmässä. Sen sijaan, jos rakenteelle käytetään useampia toteutusluokkia, tulee pääasiallisesti käytettävä toteutusluokka esittää rakennussuunnitelmassa. Piirustuksissa esitetään lisäksi ne rakenteen osat, joissa käytetään jotain muuta (ylempää tai alemmaa) toteutusluokkaa.

Siltoihin liittyvät sekundääriset teräsrakenteet, joille ei ole harmonisoitua standardia ja jotka suunnitellaan eurokoodin mukaan, kuuluvat toteutusluokkaan EXC 2 ellei suunnitelmissa muuta ole annettu. Esimerkkejä tällaisista rakenteista ovat kulkutasot, rautatiesiltojen kaiteet, kosketussuojaseinät, merkkien tukirakenteet, portaalit, jne.

## 2.3 Esikäsittelyluokan valinta

- LIVI 4.1.3 Terästyön laatuastetta kuvaava luokitus standardin SFS-EN ISO 8501-3 mukaisesti on terässilloilla P2 luvun 3.9 kohdan A.1/A.2 10.2 taulukossa 2 esitettyin poikkeuksin, ellei tilaajan kanssa muuta erikseen sovita. Luvussa 3.9 Pintakäsittelyt ja korroosionesto on lisäksi annettu tarkemmat ohjeet työn suorittamista varten.

Kuumasinkittävien rakenteiden suunnittelussa noudatetaan standardien SFS-EN ISO 14713 ja PSK 2702 'Kuumasinkittyjen teräsrakenteiden hankinta ja maalaus. Käyttösuositus prosessiteollisuudelle. 2004' ohjeita ja suosituksia.

## 2.4 Toleranssiluokan valinta

- LIVI 4.1.4 Luvun 3.10 taulukoissa 5 ja 6 on esitetty Liikenneviraston siltakohteissa käytettävät toleranssit. Yleensä käytetään taulukoiden 5 ja 6 luokan 2 mukaisia arvoja.

Siltakohtaisesti voidaan rakennussuunnitelmassa määrätä noudatettavaksi yksityiskohtaisempia toleransseja, kuten esimerkiksi toiminnallisten toleranssien osalta SFS-EN 1090-2 kohdan 11.3.3 mukaisia vaihtoehtoisia kriteerejä.

Suunnitelmissa annetaan rakenteiden teoreettiset mitat lämpötilassa +20 °C, ellei muuta ole ilmoitettu.

## 2.5 Hitsausluokan ja hitsien tarkastuslaajuuden valinta

- LIVI 12.4.2.2a Hitsausluokat sekä hitsiliitosten tarkastuslaajuudet määräytyvät toteutusluokkien perusteella SFS-EN 1090-2 mukaisesti.

Hitsiliitosten tarkastuslaajuuden valintaan vaikuttaa myös hitsien hyväksikäyttöaste standardin SFS-EN 1090-2 taulukon 24 mukaisesti. Rakenteen suunnittelijan tulee määrittää ja merkitä tarkastuslaajuus yksiselitteisesti rakennussuunnitelmiin.

Kohdassa 3.11.4 (LIVI 12.4.2.2b) on esitetty lisävaatimukset tarkastuslaajuuden määrittämiselle.

## 2.6 Työturvallisuutta koskevat teknilliset vaatimukset

- LIVI 4.2.3 Työturvallisuuslaissa 738/2002 on annettu suunnittelijan velvollisuudet työn turvallisessa suorittamisessa.

### 57§ Suunnittelijan velvollisuudet

*Sen, joka toimeksiannosta luovuttaa työympäristön rakennetta, työtilaa, työ- tai tuotantomenetelmää, konetta, työvälinettä tai muuta laitetta koskevan suunnitelman, on huolehdittava siitä, että suunnitelmassa on sen kohteen ilmoitetun käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla otettu huomioon tämän lain säännökset.*

Työnsuorituksen turvallisuuteen liittyvät asiat esitetään toteuttajan laatimissa suunnitelmissa. Mikäli valmistajan/asentajan kanssa yhteisesti sovitaan, voidaan esimerkiksi siltapalkkien nostokorvakkeiden suunnitelmat esittää myös rakennesuunnitelmissa. Valtioneuvoston päätös Rakennustyönturvallisuudesta 23.6.1994 toteaa, että yli 5 tonnin painoiset teräselementit on varustettava nostokorvakkeilla, ellei suunnittelija ole määrännyt niitä nostettavaksi muulla riittävän turvallisella tavalla.

Nostokorvakkeiden mitoituksessa otetaan huomioon kaikki niihin kohdistuvat kuormitukset. Siltapalkkien pituuden vuoksi joudutaan nostoissa käyttämään usein nostorakseja, jolloin voima kohdistuu vinosti nostokorvakkeisiin. Mitoituksessa tulee ottaa huomioon myös taakan mahdollinen epäsymmetrisyys, jolloin kuorma ei jakaudu tasaisesti kaikille korvakkeille.

Nostotarvikkeiden kestävyys lisäksi tulee asennustavan rakenteisiin aiheuttamat rasitukset tarkastella ja rakenteet suunnitella turvallisiksi asentaa. Asentamisaikaisia kuormia on esitetty Liikenneviraston soveltamisohjeessa NCCI 4 kappaleessa 4.1

- OPASTAVIA  
TIETOJA Teräsrakenteen valmistaja laatii yleensä nostosuunnitelman, jossa on esitetty tarvittavien nostovälineiden (esim. nostokorvat, raksit) laskelmat. Suunnittelija tarkastaa nämä laskelmat.



## 2.7 Asennustapaehdotus

LIVI 9.3 Ellei muuta ole erikseen sovittu, suunnittelija laatii asennustapaehdotuksen, joka perustuu yleensä tavanomaisiin työmenetelmiin ja asennuskalustoihin.

Kun urakoitsija asentaa sillan teräsrakenteen asennustapaehdotuksen mukaisesti, urakoitsijan ei tarvitse tutkia itse sillan kantavan teräsrakenteen kestävyyttä asennusaikaisissa kuormitustilanteissa. Sen sijaan poiketessaan asennustapaehdotuksesta tulee urakoitsijan tutkia sillan kantavan teräsrakenteen kestävyys asennuksen aikana oman asennussuunnitelmansa mukaisesti asennettuna.

Asennustapaehdotuksessa on näin ollen esitettävä myös ehdotusta laadittaessa ja teräsrakennetta mitoitettaessa käytetyt muut kuormat kuin teräsrakenteen oma paino (esimerkiksi tuulen nopeudelle asennuksen eri vaiheissa asetettu rajoitus) sekä käytetyt osavarmuusluvut sekä sysäyskertoimet. Asennustapaehdotuksessa on ilmoitettava myös ehdotusta suunniteltaessa käytetty mahdollisen kansilaatan telineiden ja muottien paino, joka saa olla mukana teräsrakennetta asennettaessa rakenteen eri kohdissa tai asennuksen eri vaiheissa.

Asennustapaehdotuksessa on aina esitettävä kaikki asennuksen kriittiset työvaiheet ja niissä tehtävät toimenpiteet, tukiehdot, tukireaktioiden ääriarvot sekä tarvittaessa taipumien arvot määräävässä asennusvaiheissa asennettaessa teräsrakenne asennustapaehdotuksen mukaan. Asennustapaehdotuksesta tulee käydä ilmi lisäksi teräsrakenteen asennusosien liittämisympäristö, -vaiheet ja -asennot.

Asennustapaehdotuksessa tulee esittää myös kannen betonivalun ja/tai elementtien asennuksen aikaiset tarkastelut teräsrakenteiden osalta.

Jos asennustapaehdotus perustuu työntöasennukseen, asennustapaehdotuksessa on esitettävä ehdotusta laadittaessa käytetyt kitkakertoimet ja sallitut tukien painumat, vaaditut tukien korkeussäädöt, asennot, joihin rakenne voidaan pysäyttää pidemmäksi ajaksi (esimerkiksi asennusosien liittämisen ajaksi), sekä asennustason muodolle, asennusrullastoille/-liu'uille ja niiden korkeusasemalle asetetut vaatimukset. Myös mahdollinen vaatimus asennusnokan käytöstä, nokkaan kohdistuvista kuormista ja nokan muodosta on esitettävä asennustapaehdotuksessa.

Jos asennustapaehdotus edellyttää ponttonin tai vastaavan käyttöä asennuksessa, tulee tälle asennuksen eri vaiheissa tulevat kuormat sekä ponttonin vaadittu korkeusasema samassa vaiheessa esittää asennustapaehdotuksessa.

Jos asennustapaehdotus perustuu nostoasennukseen, on vastaavasti esitettävä asennusosien painopisteet ja painot sekä tukireaktiot asennuksen eri vaiheissa. Lisäksi asennustapaehdotuksessa esitetään asennusosien taipumat.

Asennustapaehdotuksessa esitetään kaikki ko. asennustavan vaatimat rakenteet ja osat, jotka vaaditaan teräsrakenteen kestävyyskannalta. Tällaisia ovat esimerkiksi asentamisen aikaiset jäykistys- ja/tai tukirakenteet. Sen sijaan asennustapaehdotuksessa ei esitetä asennettaessa käytettävien aputukien, tunkkien siirtolaakereiden, väliaikaisten asennustukien tai muiden apuvälineiden suunnitelmia, vaan urakoitsijan tulee suunnitella nämä kestävästi asennustapaehdotuksessa esitetyt kuormat, tukireaktiot ja siirtymät.

Asennustapaehdotuksessa ei myöskään esitetä nostoja varten rakenteisiin kiinnitettäviä korvakkeita, asennusosia tai vastaavia, vaan urakoitsija suunnittelee ne. Suunnittelija tarkistaa näiden suunnitelmat - etenkin itse teräsrakenteen kestävyyskannalta.

Teräsrakenteen rakennussuunnitelmissa esitetään asennustapaehdotuksen mukaisten asennusjatkosten suunnitelmat. Jos urakoitsija ei noudata asennustapaehdotusta, joutuu hän tarkistamaan asennusjatkosten suunnitelmat omaa asennustapaansa vastaaviksi.

Varsinainen asennussuunnitelma laaditaan aina urakoitsijan toimesta joko asennustapaehdotukseen perustuen tai urakoitsijan omaan asennustapaehdotuksesta poikkeavaan asennustapaan perustuen (ks. luku 3.2.1 Valmistuksen ja asennuksen suunnitelmat).

Mikäli urakkamuodosta johtuen asennustapaehdotusta ei laadita tai se laaditaan kevennettynä (alustava asennustapaehdotus; esim. ST-urakat), tulee asennuksesta laatia asennussuunnitelma, jossa teräsrakenteen kestävyys kaikissa asennuksen vaiheissa osoitetaan laskelmin.

## 3 Teräsrakenteiden valmistus ja asennus

### 3.1 Liikenneviraston vaatimukset teräsrakenteiden toteutukselle

#### LIVI - Suunnitelmat

Sillan suunnittelija laatii rakennussuunnitelman sisältäen aina rakenteelliset laskelmat. Rakennussuunnitelman osana suunnittelija laatii toteutuseritelmän tämän ohjeen ja standardin SFS-EN 1090-2 mukaisesti. Rakennussuunnitelma on jätettävä tilaajan edustajalle hyväksyttäväksi vähintään 4 viikkoa ennen työn tai työvaiheen aloittamista.

Rakenteen valmistaja laatii valmistus-, tarkastus ja laatusuunnitelmat tämän ohjeen ja standardin SFS-EN 1090-2 mukaisesti.

#### Valmistus

Alkaen 1.7.2014 on teräsrakenteiden valmistajan toiminnan laadunvalvonta (FPC - factory production control) oltava ilmoitetun laitoksen valvonnassa standardin SFS-EN 1090-1 mukaisesti. Tämän lisäksi tulee valmistajalla olla rakenteen toteutusluokan mukainen sertifikaatti teräsrakenteiden CE-merkintään standardin SFS-EN 1090-1 mukaan. Siltarakenteiden toteutusluokkien valintaperiaatteita on esitetty tämän ohjeen luvussa 2.2 sekä Liikenneviraston ohjeessa NCCI 4.

Valmistaja laatii siltarakenteesta suoritustasoilmoituksen standardin SFS-EN 1090-1 mukaisesti. Suoritustasoilmoituksen mukainen CE-merkintä koskee tavallisesti sillan koko teräsrakennetta, ellei muuta erikseen ole sovittu.

Tilaaja voi halutessaan tehdä omaa laaduntarkastusta. Tällöin käytännöt sovitaan aloituskokouksessa.

#### Asennus

Teräsrakenteiden asentajalla tulee olla asennustoiminnan varmennus (esim. FI-merkintä tai vastaava), jonka vaatimusasiakirjat ovat SFS-EN 1090-2 ja tämä ohje. Varmennus jaetaan Liikenneviraston hankkeissa kahteen luokkaan kohteen vaativuuden mukaan:

- Vaativat terässiltarakenteet (toteutusluokat EXC3 ja EXC4)
- Tavanomaiset terässiltarakenteet (EXC1 ja EXC2)

*Pätevyydet*

Ohjeen kirjoitusaikana Maankäyttö- ja rakennuslaki on muuttumassa ja syksyllä 2014 ovat uudet pätevyysvaatimukset tulossa voimaan. Pätevyysien siirtymäajasta ei ole kirjoitushetkellä tietoa, joten alla on esitetty sekä vanhan että uuden pätevyysluokittelu mukaiset vaatimukset sikäli kun pätevydet ovat muuttuneet.

Hitsaustyönjohdon ja hitsaajien pätevyysien osalta noudatetaan SFS-EN 1090-2 luvun 7.4 mukaisia vaatimuksia niin konepajavalmistuksen kuin asennuksen osalta.

Työvoiman on oltava joko koulutuksen tai työkokemuksen perusteella ammattitaitoisia.

Pintakäsittelyitä johtavalla työnjohtajalla on oltava alaan soveltuva teknillinen koulutus ja vähintään kahden vuoden kokemus teräsrakenteiden pintakäsittelyistä tai koulutuksen puuttuessa vähintään viiden vuoden kokemus vastaavista pintakäsittelyistä.

Maalaustöitä tekevillä työntekijöillä tulee olla korroosionestomääräin ammattitutkinto tai sitä vastaava tutkinto tai vähintään kahden vuoden työkokemus vastaavista korroosionestomaalaustöistä.

Koneiden ja laitteiden käyttäjien on saatava niiden valmistajan tai maahantuojan järjestämä ohjaus, ellei opetus sisälly ammattikoulutukseen tai valmistaja itse järjestä pätevää työnohjausta.

Teräsiltojen asennusta johtavalla työnjohtajalla on oltava teräsrakenteiden valmistukseen soveltuva teknillisen koulun tai opiston tutkintoa vastaava koulutus ja FISE 1 (AA)-rakenneluokan mukainen teräsrakenteiden vastaavan työnjohtajan pätevyys tai vastaavat tiedot ja kokemusta vaativien teräsrakenteiden valmistuksesta. 1.9.2014 voimaan tulleen lain mukaisesti siltojen teräsrakenteiden asennustyöt katsotaan olevan vaativa työnjohtotehtävä. Asetuksesta poiketen Liikennevirasto voi hyväksyä asentamisesta vastaavaksi työnjohtajaksi vaativien teräsrakenteiden asennuksesta pitkän kokemuksen omaavan henkilön.

Asennustyön johtajan on koulutuspohjan ja kokemuksen perusteella ymmärrettävä asennettavan rakenteen käyttäytyminen eri työvaiheissa asennusmenetelmän edellyttämällä tarkkuudella sekä hallittava työmenetelmät perusteellisesti.

Asennussuunnitelman laatijan on oltava hyvin perehtynyt siltojen asentamiseen sekä asentamisessa käytettävien koneiden ja laitteiden toimintaan. Häneltä tai häntä avustavalta suunnittelijalta, joka tekee asennuksen suunnittelussa mahdollisesti tarvittavan suunnittelun ja luku- ja laskelmat, edellytetään lisäksi kokemusta teräsiltojen suunnittelusta. 1.9.2014 voimaan tulleen lain mukaisesti siltojen teräsrakenteiden asennussuunnittelun katsotaan olevan a) vaativa suunnittelutehtävä, kun noudatetaan asennustapaehdotus-

ta ja sillan teräsrakenteen kestävyys on esitetty asennusehdotuksessa ja b) poikkeuksellisen vaativa suunnittelutehtävä, kun poikeaan asennustapaehdotuksesta ja teräsrakenteen kestävyys osoitetaan laskelmin.

## 3.2 Valmistuksen ja asennuksen suunnitelmat (SFS-EN 1090-2, luku 4.2)

LIVI 4.2 Tässä ohjeessa valmistusta ja asennusta koskevat suunnitelmat on jaettu kahteen osaan:

- 1) tekniset työsuunnitelmat
- 2) laatusuunnitelmat.

Tekniset työsuunnitelmat sisältävät työnsuoritukseen liittyvät suunnitelmat ja niiden tehtävä on varmistaa, että a) toteutus tapahtuu suunnitellusti aikajärjestyksessä, b) käytettävät menetelmät ovat soveltuvia, c) toteuttajalla on riittävä ammatillinen pätevyys työn toteuttamiseen, d) toteutuksen lopputuloksena saadaan laadukas, suunnitelmien mukainen ja pitkäikäinen teräsrakenne ja e) toteutus suoritetaan turvallisesti.

Laatusuunnitelmien avulla asetetaan laadunmittarit, joilla teräsrakenteen laatua seurataan toteutuksen eri vaiheissa.

### 3.2.1 Tekniset työsuunnitelmat

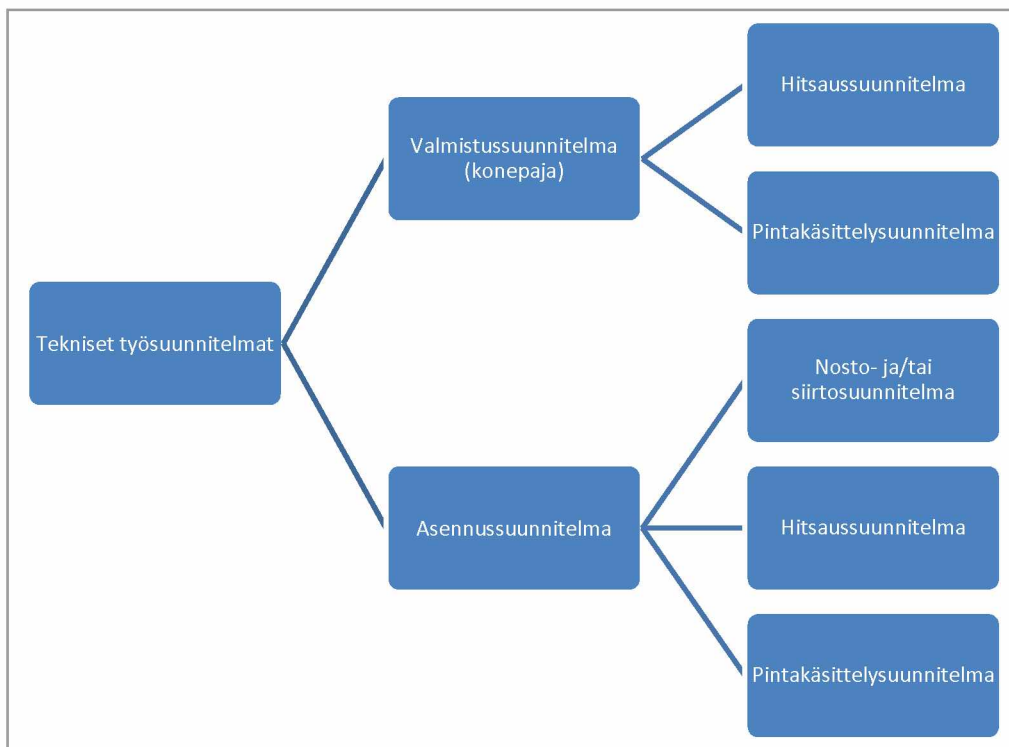
Teknisiä työsuunnitelmia on käsitelty sekä tässä että kunkin aihepiirin luvussa.

Teräsrakenteiden valmistuksesta, asentamisesta ja pintakäsittelystä laaditaan InfraRYLin kohdassa 42001.4.4 esitetyllä tavalla erilliset tekniset työsuunnitelmat. Työsuunnitelmat tulee laatia vähintään kuvassa 1 esitetyistä asioista.

Työvaiheet suunnitellaan siten, että rakenneosat, rakenne asennettuna ja valmis silta täyttävät suunnitelma-asiakirjoissa asetetut laatuvaatimukset.

Tekniset työsuunnitelmat on jätettävä tilaajan edustajalle tarkastettavaksi vähintään viikkoa ennen työn tai työvaiheen aloittamista.

Ratatyövarauksen vaativissa työvaiheissa tekniset työsuunnitelmat on toimitettava tarkastettavaksi kaksi viikkoa ennen toteutusta varren varattua ratatyövarausta.



Kuva 1. Tekniset työsuunnitelmat.

#### Valmistussuunnitelma

Valmistussuunnitelmassa käsitellään kaikki rakenneosien valmistuksen vaiheet.

Valmistussuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa ennen valmistuksen aloittamista (ks. myös InfraRYL 42001.4.4). Jos valmistussuunnitelmassa on viitattu laatujärjestelmäasiakirjoihin, tulee tilaajan edustajalle mahdollistaa ko. dokumentteihin tutustuminen viimeistään viikkoa ennen valmistuksen aloittamista.

Tarvittaessa valmistussuunnitelmaan liitetään laskelmat tai niitä vastaavat selvitykset rakenteiden lujuudesta, vakavuudesta ja muodonmuutoksista käsittelyn eri vaiheissa. Valmistussuunnitelma voi koostua useasta erillisestä suunnitelmasta.

Valmistussuunnitelmassa otetaan huomioon myös kuljetuksen, asennuksen ja pintakäsittelyn asettamat vaatimukset.

Valmistussuunnitelman konepajatöitä koskevassa osassa käsitellään tarpeen mukaan ainakin seuraavat asiat:

- materiaalin tilaus, vastaanotto ja varastointi
- materiaalin esikäsittely
- paloittelu ja muotoilu
- hitsaaminen
- vaarnojen kiinnittäminen
- ruuvi- ja kitkaliitosten tekeminen
- osakokoonpanot
- koeasennus
- nostot ja siirrot
- pintakäsittelyn työvaiheet
- varastointi.

Maadoitussuunnitelmassa esitettyjen korvakkeiden tai vastaavien osien kiinnittäminen teräsrakenteeseen esitetään valmistussuunnitelmassa.

Mahdolliset monitoroinnin vaatimat kiinnitysosat esitetään monitorointisuunnitelmassa ja niiden kiinnittäminen esitetään rakennussuunnitelmassa. Mikäli monitoroinnin kiinnitys ei ole tiedossa rakennussuunnitelman tekohetkellä, käsitellään kiinnitykset suunnitelman muutoksina.

#### *Hitsaussuunnitelma*

Hitsaussuunnitelma laaditaan standardin SFS-EN 1090-2 ja tämän ohjeen luvun 3.6.1 mukaisesti.

#### *Pintakäsittelysuunnitelma*

Pintakäsittelysuunnitelma laaditaan tämän ohjeen luvun 3.9 ja standardin SFS-EN 12944-8 mukaisesti. Lisäksi esitetään seuraavat tarpeen mukaan:

- vahvennusmaalaukset
- vaikeasti maalattavien kohtien maalaus
- rakojen ja huokosten kittaus

Pintakäsittelyn työsuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa ennen pintakäsittelyn aloittamista. Työsuunnitelma muodostuu standardin SFS-EN 12944-8 erittelystä (työseloste), joka koostuu em. standardin mukaisesta projektierittelystä, suojamaaliyhdistelmän erittelystä, maalaustyöselosteesta ja tarkastus- ja arviointierittelystä.

Poikkeamat rakennussuunnitelmassa määritellystä pintakäsittelystä käsitellään suunnitelman muutoksina. Työsuunnitelma toimitetaan tällöin tilaajalle hyväksyttäväksi viimeistään kaksi viikkoa ennen pintakäsittelytöiden aloittamista.

Työsuunnitelmassa rakenne jaetaan työalueisiin. Suositeltava työalueen koko on yhden työvuoron työsaavutus (esimerkki jaottelusta on esitetty liitteessä 2).

Jos pintakäsittelyjärjestelmä on muu kuin maalaus, kuumasinkitys tai metalliruisutus, mainitaan pintakäsittelysuunnitelmassa mm. aineet, kerrospaksuudet vaihtelurajoineen, pinnoitteen ominaisuudet ja työtapo. Aineita ja työmenetelmiä kuvaavat esitteet liitetään pintakäsittelysuunnitelmaan.

Pintakäsittelyssä käytettävien tuotteiden ominaisuuksiltaan erilaisen pinnoitekerrosten rajakohdat esitetään pintakäsittelysuunnitelmassa. Sinkkimaalin ja teräspinnan välissä ei hyväksytä muita maalikerroksia.



Pintakäsittelysuunnitelmaa laadittaessa tarkistetaan myös, että rakenneosien valmistussuunnitelmassa määritelty terästyön laatuaste on pintakäsittelyjärjestelmän kannalta riittävä.

#### **Asennussuunnitelma**

Sillan paikoilleen asentamisesta on suunnittelijan toimesta laadittu asentamistapaehdotus, jota noudattamalla ei varsinaisen siltarakenteen kestävyyttä teräsrakenteen paikoilleen asennuksen aikana tarvitse tarkistaa. Jos asennusurakoisija poikkeaa asennustapaehdotuksesta, tulee hänen tarkistaa teräsrakenteen kestävyys asennustapaehdotuksesta poikkeavilta osin. Jos asennustapaehdotuksesta poikkeaminen on suunnittelijan mielestä vähäinen ja selvästi rajattavissa tiettyyn asennuksen vaiheeseen, voi asentaja tarkastaa teräsrakenteen kestävyysvain näiden vaiheiden osalta. Tällöin suunnittelijalta tulee aina saada kirjallinen lausunto asentamistapaehdotuksesta poikkeamisesta, joka liitetään asennussuunnitelmaan. Muussa tapauksessa teräsrakenteen kestävyys tulee tarkistaa kaikissa asennuksen vaiheissa.

Teräsrakenteen asentajan on aina – riippumatta siitä, noudattaako hän asennustapaehdotusta vai ei - laadittava teräsrakenteen asennussuunnitelma. Asennussuunnitelmassa on aina tehtävä tarvittavat mitoitustarkastelut, jotta varmistetaan teräsrakenteen kestävyys kaikissa valmistuksen ja kuljetusten eri vaiheissa - sekä asentamisen vaiheissa, jos asennustapaehdotusta ei noudateta. Asennussuunnitelmassa esitetään sillan osien kokoaminen ja paikoilleen siirtäminen valmiiksi siltarakenteeksi kaikkine siihen liittyvine toimenpiteineen ja selvityksineen. Asennussuunnitelman on oltava kirjallinen.

Asennussuunnitelmaa laadittaessa käsitellään ja otetaan huomioon SFS-EN 1090-2 kohdassa 9 esitetyt asiat sekä ainakin:

- asennuksen aikaiset olosuhteet siltapaikalla
  - luonnonolosuhteet kuten tuulisuus
  - pohjatutkimustulokset
  - tiedot väylistä ja liikenteestä
  - vanhat rakenteet
  - alusrakenne- ja maarakennustöiden järjestelyt
  - käytettävissä olevat työmaa-alueet
  - mahdolliset radan sähköistykset
  - kulkuyhteydet.
- asennusvaiheisiin liittyvät kuormitustilanteet ja muut vaikutukset
- työmaan vaikutusalueella kulkevan liikenteen vaatimukset ja sen aiheuttamat häiriöt
- vesilain mukaisen lupapäätöksen tai muun rakennusluvan asettamat ehdot
- aikataulu
- käytettävissä oleva kalusto ja työvoima

Asennussuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle tarkastettavaksi viimeistään viikkoa ennen asennuksen aloittamista.

Sillan suunnittelua varten tehtyjä pohjatutkimuksia on täydennettävä tarvittaessa telineiden tai muiden apurakenteiden osalta.

Asennussuunnitelmassa esitetään lisäksi piirroksilla ja teksteillä mm. seuraavat asiat kohteen vaativuuden edellyttämällä tarkkuudella ja laajuudessa:

- asennustyön järjestely ja alueen käyttö eri vaiheissa
- apurakenteet
- asennusosien kokoonpano
- siirrot ja niitä koskevat olosuhderajoitukset
- asennusliitosten tekeminen ja niihin liittyvät yksityiskohtaiset tekniset työsuunnitelmat
- laakerointi
- työn yksityiskohtainen aikataulu.

Suunnitelmat mitoituslaskelmineen on laadittava kaikista sellaisista apurakenteista, joiden varaan asennettava rakenne tai sen osia tuetaan varastoinnin, siirtojen tai asentamisen aikana. Myös niistä apurakenteista, joiden varaan tuetaan nostoon tai siirtoon käytettäviä koneita tai laitteita, on laadittava suunnitelmat mitoituslaskelmineen.

Asennussuunnitelmaan liitetään sellaiset laskelmat, joilla yhdessä sillan rakennussuunnitelmaan tai noudatettavaan asennustapaehdotukseen liittyvien laskelmien kanssa osoitetaan rakenteiden varmuus sekä määräävät tai mitattavat siirtymät ja muodonmuutokset kaikissa asennusvaiheissa myös apurakenteiden osalta. Kuormituksina käytetään asentamistapaehdotuksessa esitettyjen kuormien lisäksi soveltamisohjeessa NCCI 1 esitettyjä sekä soveltamisohjeen NCCI 4 kohdan 4 mukaisia kuormia. Nostoja ja siirtoja suunniteltaessa tulee sysäyksen vaikutus ottaa huomioon soveltamisohjeen NCCI 4 kohdan 4.1.2 mukaisesti. Tilaaja voi tarvittaessa antaa näitä täydentäviä ohjeita.

Jos apurakenteet tulevat vesiväylän, rautatien, tien tai kadun vaikutusalueelle, on niitä koskevat suunnitelmat esitettävä ao. viranomaisten tarkastettavaksi ja tilavarausten osalta hyväksyttäväksi.

### 3.2.2 Laatusuunnitelma

Laatusuunnitelma laaditaan InfraRYLin kohdissa 42001.4.2...4 esitetyllä tavalla noudattaen tässä ohjeessa ja standardissa SFS-EN 1090-2 esitettyjä laatuvaatimuksia. Laatusuunnitelman perusteella laaditaan lopulliset laatuasiakirjat.

Laatusuunnitelma koostuu kolmesta osa-alueesta (ks. kuva 2):

- Projektikohtainen laatusuunnitelma
- Tarkastussuunnitelma
- Työturvallisuussuunnitelma

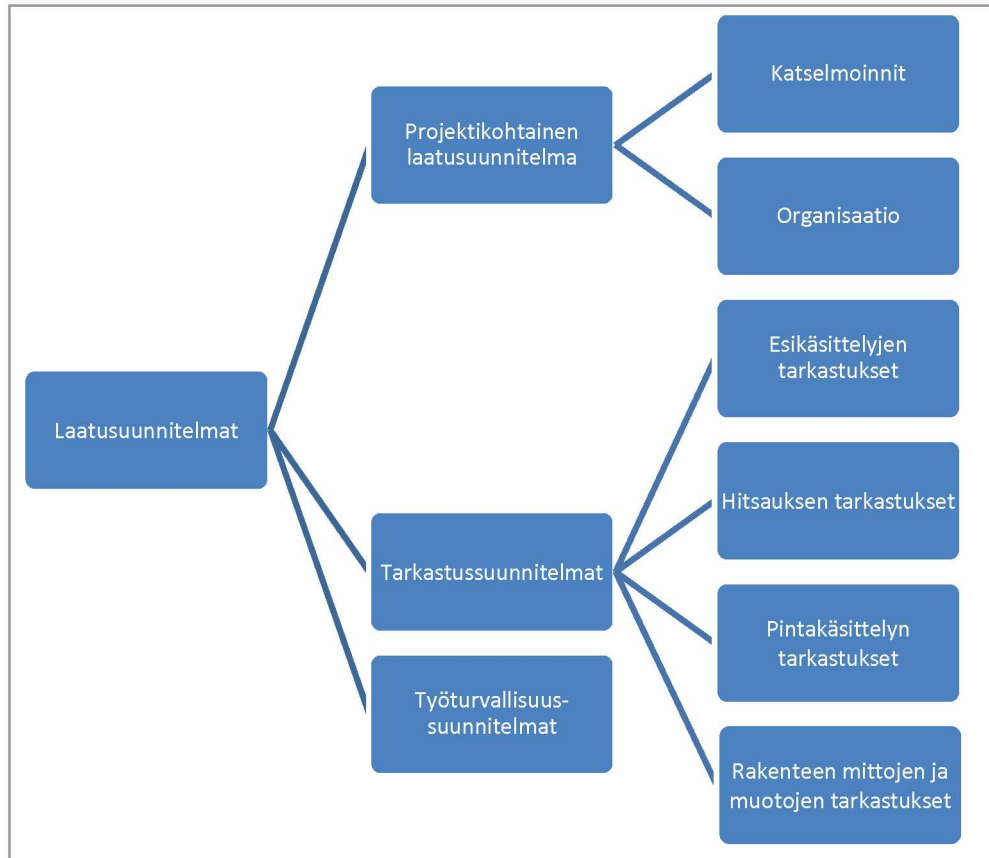
Laatusuunnitelmat on jätettävä tilaajan edustajalle tarkastettavaksi vähintään viikkoa ennen työn tai työvaiheen aloittamista.

Ratatyövarauksen vaativissa työvaiheissa laatusuunnitelmat on toimitettava tarkastettavaksi kaksi viikkoa ennen toteutusta varten varattua ratatyövarausta.

#### A.2 4.2.2 Vaaditaanko töiden toteuttamista koskeva laatusuunnitelma

Silloille laatusuunnitelma vaaditaan aina. Laatusuunnitelman toteuttamisesta vastaa valmistaja. Laatusuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle tarkastettavaksi viimeistään viikkoa ennen rakenneosien valmistuksen aloittamista.

**OPASTAVIA  
TIETOJA** InfraRYL kohdissa 42001.4.2 ja 42001.4.3 esitettyjen vaatimusten mukaan laaditaan koko työtä sekä rakenneosia ja työvaiheita koskevat laatusuunnitelmat. Myös SFS-EN 1090-2 kohdassa 4.2.1 ja 4.2.2 sekä liitteessä C on esitetty ohjeita laatuasiakirjojen sisällöstä.



Kuva 2. Laatusuunnitelmat.

#### *Projektikohtainen laatusuunnitelma*

Projektikohtainen laatusuunnitelma esittää kuinka laadunvarmistustoimenpiteet kohteessa toteutetaan. Pienissä kohteissa voidaan tehdä viittaukset yrityksen laatujärjestelmään, mutta yleensä on suositeltavaa tehdä projektikohtainen laatusuunnitelma.

#### *Tarkastussuunnitelma*

Tarkastussuunnitelmassa esitetään työvaiheen varsinaiset laadunvarmistustoimenpiteet ja vaatimustenmukaisuus. Tarkastuksen asiat voidaan esittää vaihtoehtoisesti myös työvaiheen laatusuunnitelmassa vrt. InfraRYL 42001.4.3.

Tarkastussuunnitelma voi olla yksi, koko valmistuksen kattava suunnitelma tai siihen voi kuulua myös useampia erillisiä suunnitelmia (esim. materiaalien, hitsaustöiden, muiden liitosten, vaarujen hitsauksen ja rakenneosien mittojen laadunvarmistus).

Asennusvaiheen tarkastussuunnitelmassa esitetään mm. eri asennusvaiheisiin liittyvät

- rakenteen mittojen, muodon, siirtymän ja muodonmuutosten mittaaminen
- nosto- ja tukivoimien mittaaminen
- asennusliitosten laadunvalvonta
- laakerointiin liittyvät mittaukset ja tarkastukset ja
- viimeistelyyn ja pintakäsittelyyn liittyvät tarkastukset.

*Työturvallisuussuunnitelma*

Työturvallisuudesta projektin eri vaiheissa on aina laadittava oma suunnitelma. Tämän ohjeen luvussa 3.12 on esitetty tarkemmin työturvallisuussuunnitelmassa huomioon otettavia asioita.

*Muutokset rakennussuunnitelmaan*

- Valmistajan on huomautettava suunnitelmassa havaitsemistaan virheistä ja puutteista sekä sellaisista rakenneratkaisuista, joita on mahdotonta toteuttaa siten, että vaadittu laatutaso voidaan saavuttaa ja tarkastuksin todeta.
- Sillan alusrakenteiden todetut sijainti- ja mittapoikkeamat otetaan teräsrakenteen valmistuksessa huomioon tarvittaessa muuttamalla rakenteen suunnitelmanmukaisia mittoja. Muutokset hyväksyy rakenteen suunnittelija.

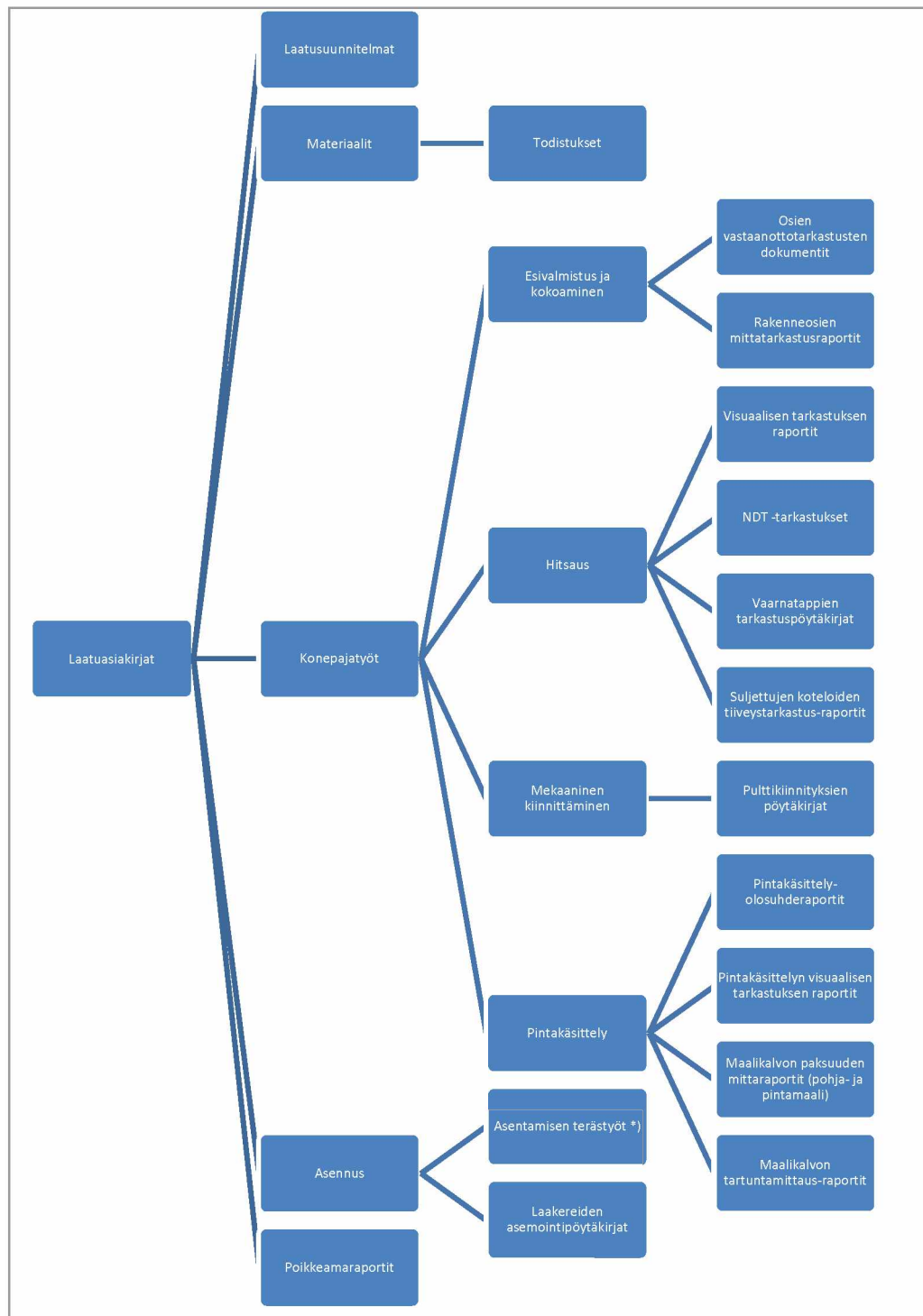
### 3.3 Laatuasiakirjat

#### LIVI 4.2.4 Laadunvalvonta, vaatimustenmukaisuus, dokumentointi ja raportointi

Työnaikaisissa tarkastuksissa, laadunohjauksessa, vaatimustenmukaisuuden ja kelpoisuuden osoittamisessa, dokumentoinnissa ja laaturaportoinnissa noudatetaan SFS-EN 1090-2:ssa, InfraRYL 42001.4:ssä sekä tässä soveltamisohjeessa esitettyjä vaatimuksia.

Asennetun sillan vaatimustenmukaisuus ja kelpoisuus osoitetaan tekemällä mittauksia ja silmämääräisiä tarkastuksia sekä vertaamalla tuloksia asetettuihin laatuvaatimuksiin. Mittaustulokset esitetään selkeissä ja johdonmukaisissa mittaus- ja tarkastuspöytäkirjoissa sekä yhteenvetoraportissa.

Vaadittavat asiakirjat on esitetty kaaviokuvassa (kuva 3).



Kuva 3. Toteutuksen laatuasiakirjat. \*) Asentamisen terästöistä laaditaan vastaavat laatudokumentit kuin konepajatyöistä soveltuvin osin.

## 3.4 Tuotteet ja materiaalit (SFS-EN 1090-2, luku 5)

### 3.4.1 Yleiset vaatimukset

LIVI 5.1 Pysyviin rakenteisiin ei saa käyttää materiaaleja eikä tuotteita, joiden laatua ja vaatimustenmukaisuutta ei ole etukäteen todettu.

A.1 5.1 Sellaisten tuotteiden ominaisuudet, joita viitestandardit eivät kata

Sillan rakennussuunnitelmassa esitetään tuotteet, joille ei ole viitestandardia. Näiden tuotteiden ominaisuudet esitetään tuotehyväksynnässä (esim. tyyppihyväksyntä, varmennustodistus). Mikäli tuotehyväksyntää ei ole, tuotteilta vaadittavat ominaisuudet, niiden tarkistaminen ja vaatimustenmukaisuuden osoittaminen esitetään sillan rakennussuunnitelmassa ja hyväksytetään Liikennevirastossa.

#### OPASTAVIA TIETOJA

Tässä yhteydessä viitestandardilla tarkoitetaan standardia, johon standardissa SFS-EN 1090-2 tai standardissa SFS-EN 1993 tai sen kansallisessa liitteessä viitataan.

Jos rakenneosana käytettävä tuote ei kuulu viitestandardien piiriin, tuotteelta vaaditaan yleensä erillinen tuotehyväksyntä

Rakennusten osalta katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritelmän laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

LIVI 5.2 Tunnistaminen, aineistodistukset ja jäljitettävyyys

Rakenneterästen vaatimustenmukaisuus osoitetaan vastaanottotarkastusten ja niistä tehtyjen raporttien avulla. Vastaanottotarkastuksessa todetaan pistokokein teräsmateriaalien mitat ja tasomaisuus ja silmämääräisesti pinnan laatu.

A.2 5.2 Vaaditaanko tuotekohtainen jäljitettävyyys

Toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 - sekä toteutusluokassa EXC 2 pääkannattimien osalta - vaaditaan aina täydellistä osakohtaista jäljitettävyyttä, ellei tilaajan kanssa muuta ole sovittu.



OPASTAVIA TIETOJA	Muiden kuin pääkannatinrakenteiden (esim. nurkkalevyt ja jäykisteet) jäljitettävyyden osalta voidaan hankekoh- taisesti sopia, että sulatus- ja valmistuseräkohtainen jäl- jitettävyyden riittää. Rakenneputket ja muut profiilit sekä kuumavalssatut tangot voidaan kuitenkin merkitä ja käsi- tellä nippuina, jos sekaantumisen vaaraa ei ole.
----------------------	--

### 3.4.2 Rakenneterästuotteet

- A.1 5.3.1 Terästuotteiden lajit, laadut ja jos tarpeen pinnoitteiden massat  
ja viimeistely

Terästuotteiden lajit ja laadut esitetään sillan rakennus-  
suunnitelmassa. Sillan rakennussuunnitelmassa esite-  
tään lisäksi tarpeelliset lisämääreet (optiot), kuten esim.  
sopivuus kuumasinkitykseen, särmättävyys sekä muut  
tarpeelliset lisävaatimukset.

Hiiliekvivalentin kaavassa esitettyjen alkuaineiden (hiili  
C, mangaani Mn, kromi Cr, molybdeeni Mo, vanadiini V,  
nikkeli Ni ja kupari Cu) sekä niobin, titaanin ja alumiinin  
pitoisuudet on esitettävä aina ainestodistuksessa. Kuu-  
masinkittävien teräsrakenteiden osalta ainestodistukses-  
sa on ilmoitettava aina lisäksi pii-pitoisuus.

OPASTAVIA TIETOJA	Terästuotteilta voidaan sillan rakennussuunnitelmassa edellyttää standardeissa SFS-EN 10025-1...-6 mainittuja optioita ja muita lisävaatimuksia. Mikäli siltasuunnitelma tai terästilaus ei sisällä optioita, tuote toimitetaan tuote- standardien perusvaatimusten mukaisesti. Mahdolliset optiot on esitetty standardin SFS-EN 10025-1 kohdassa 13.
----------------------	---

Sillan rakennussuunnitelmassa esitetään tarvittaessa  
seuraavat optiot:

Optio 3: Iskusitkeysominaisuuksien vaatimus esitetään  
aina sillan rakennussuunnitelmassa ko. standardin (SFS-  
EN 10025-2... SFS-EN 10025-6) mukaisesti.

Optio 4: Standardin SFS-EN 10164 mukaiset parannetut  
paksuussuuntaiset ominaisuudet tulee olla teräksen pak-  
suussuunnassa sitkeyttä vaativissa sillan osissa vähin-  
tään luokan Z25 mukaiset, ellei sillan rakennussuunni-  
telmassa vaadita tätä parempaa luokkaa.

Optio 5: Tuotteen soveltuvuus kuumasinkitykseen. Tau-  
lukon 4 mukaisten sinkkipinnoitteen paksuuksien saavut-  
taminen edellyttää kuumasinkittävän teräksen piipitoi-  
suuden olevan 0.14...0.25 %.

Optio 6: Vähintään 6 mm paksujen levytuotteiden sisäisen virheettömyyden varmentaminen ultraäänitarkastuksella standardin SFS-EN 10160 mukaisesti sillan rakennussuunnitelmassa niin vaadittaessa.

Edellä esitettyjen optioiden lisäksi standardeissa SFS-EN 10025-2... SFS-EN 10025-6 esitetään standardikohtaisia optioita. Näitä ovat muun muassa soveltuminen särmäykseen, levyjen ja lattatankojen sallitut pinta- ja muotovirheet.

- A.2 5.3.1 Voidaanko käyttää muita kuin taulukoissa 2, 3 ja 4 lueteltuja rakenneterästuotteita

Käytetään vain standardin SFS-EN 1090-2 taulukoissa 2, 3 ja 4 lueteltuja rakenneterästen tuotestandardien mukaisia teräksiä.

OPASTAVIA TIETOJA Muiden tuotteiden käytettävyys selvitetään siltakohtaisesti. Tuotteilta vaadittavat ominaisuudet esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

Tuotteiden ominaisuudet selvitetään vastaavalla tavalla kuin tuotestandardeissa (ks. standardin SFS-EN 1090-2 liitteen A1 kohta 5.1).

- LIVI 5.3.2 Rakenneteräslevyjen tasomaisuustoleranssi.

Käytetään standardin SFS-EN 10029 luokan S mukaista tasomaisuustoleranssia.

OPASTAVIA TIETOJA Rakennneosien yhteensovittaminen tai muut vaatimukset voivat edellyttää myös parempaa tarkkuutta kuin standardit, joiden perusteella toimitus tapahtuu.

- A.2 5.3.2 Vaaditaanko rakenneteräslevyiltä muita kuin kohdan 5.3.2 mukaisia paksuustoleransseja

Käytetään standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 5.3.2 mukaisia paksuustoleranssiluokkia.

- A.2 5.3.2 Vaaditaanko muille rakenneterästuotteille (muille kuin levyille) ja ruostumattomille terästuotteille luokasta A poikkeavaa paksuustoleranssia

Käytetään standardin SFS-EN 1090-2 mukaisia toleranssiluokkia.

OPASTAVIA TIETOJA Tarvittaessa voidaan vaatia myös luokan B käyttöä, tämä esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

- A.1 5.3.3 Pintavirheisiin ja pintavirheiden hiomalla tapahtuvaa korjaamista koskeviin erityisrajoituksiin liittyvät lisävaatimukset standardin SFS-EN 10163 tai ruostumattomalla teräksellä standardin SFS-EN 10088 mukaisesti.

Ajoneuvo- ja raideliikenteen siltojen rakenteissa väsytykskestävyyttä heikentävät virheellisyudet (viat ja virheet) poistetaan aina siten, että standardin SFS-EN 1993-1-9 vaatimukset toteutuvat.

Pintavikojen korjaamisesta hitsaamalla tulee aina sopia hankekohtaisesti suunnittelijan kanssa. Korjauksesta laaditaan yksityiskohtainen työsuunnitelma (standardin SFS-EN 10163-2 alaluokka 2). Hionta suoritetaan edellä mainitun standardin luokan A mukaisesti ja tarkastetaan 100 %:sti hitsin laatuun ja laajuuteen sopivalla menetelmällä.

OPASTAVIA  
TIETOJA

Levyjen virheellisyudet, jotka ovat luonteenomaisia valmistusprosessille, pois lukien halkeamat, säröt, kuoret, sälot ja kuonasaumat, ja eivät ylitä standardissa annettuja virheiden suurimpia sallittuja syvyyksiä ovat sallittuja lukumäärästä riippumatta.

Levyjen virheet, jotka ovat syviä ja teräviä heikentäen tuotteen käytettävyyttä (halkeamat, säröt, kuoret, sälot ja kuonasaumat), on korjattava riippumatta niiden syvyydestä tai lukumäärästä.

Ajoneuvo- ja raideliikenteen silloissa standardin SFS-EN 10163-3 mukaisten kuumavalssattujen profiilien kohdalla tulee ottaa huomioon, että standardi sallii tietyn syvyyset pintavirheet, jotka saattavat heikentää väsytykskestävyyttä. Tämän vuoksi hitsattujen levyprofiilien käyttö valssattujen profiilien sijasta standardin SFS-EN 10163-2 vaatimusten mukaisesti on perusteltua tässä tarkoituksessa.

- LIVI 5.3.3 Ennen rakenneosien valmistusta valssihilse, ruoste ja muut epäpuhtaudet poistetaan levyistä ja muototangoista niiltä osin kuin ne haittaavat polttoleikkausta ja hitsausta. Puhdistusaste on vähintään Sa 2 standardin SFS-EN ISO 8501-1 mukaan.

- A.1 5.3.3 Vaatimukset muiden tuotteiden pinnan viimeistelylle

Vaatimukset esitetään tarvittaessa sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA  
TIETOJA

Mikäli kyseiselle tuotteelle ei ole EN- tai ISO-standardia, pinnan viimeistely on määriteltävä sillan rakennussuunnitelmassa. Tarvittaessa käytetään näytekappaleita.

- A.2 5.3.3 Asetetaanko levyjen pinnan laadulle toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 tiukempia vaatimuksia

Käytetään standardin SFS-EN 1090-2 mukaisia vaatimuksia, ellei sillan rakennussuunnitelmassa edellytetä käytettäväksi tätä tiukempia vaatimuksia.

OPASTAVIA TIETOJA Levyn pinnan laadun tulee vastata väsytkuormitettujen rakenteiden mitoituksessa tehtyjä oletuksia. Levyjen pinnan laadulle voidaan asettaa myös esteettisiä vaatimuksia toteutusluokasta riippumatta. Molemmat näistä vaatimuksista esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

- A.2 5.3.3.b Tuleeko säröt, sälot, kuonasaumat ja vastaavat pintavirheet korjata

Ajoneuvo- ja rautatieliikenteen kuormittamisissa siltarakenteissa levyjen pintavirheet, jotka ovat syviä ja teräviä heikentäen tuotteen käytettävyyttä, korjataan riippumatta niiden syvyydestä tai lukumäärästä.

Korjaaminen ja tarkastaminen suoritetaan kohdan A.1 5.3.3 mukaisesti.

OPASTAVIA TIETOJA Valssattujen profiilien osalta voidaan kevyen liikenteen siltojen osalla noudattaa standardia SFS-EN 10163-3. Väsymiskuormitetuissa rakenteissa tulee tarpeen mukaan noudattaa standardin SFS EN 10163-3 luokkaa D1 tai vaihtoehtoisesti korvata rakenteet hitsatuilla levyprofiileilla.

On otettava huomioon, että suunnittelua koskevien standardien mitoitusääntöjen oletukset voivat olla tiukempia kuin mitä tuotestandardit tuotteille sallivat.

- A.2 5.3.3 Vaaditaanko koristeellisia tai muita vastaavia pinnan erityisviimeistelyjä

Koristeellisia tai muita vastaavia vaatimuksia ei esitetä pinnan viimeistelylle.

OPASTAVIA TIETOJA Siltojen pinnoille ei yleensä vaadita erikoisviimeistelyä. Mikäli pinnoilta vaaditaan koristeellisia tai muita vastaavia viimeistelyjä, vaatimukset esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Ks. myös standardin SFS-SFS-EN 1090-2 taulukon A.1 kohdat 5.1 ja 5.3.3. Tarvittaessa sovitaan mallikappaleen valmistuksesta. Erikoisviimeistely ei saa heikentää rakenteen väsymiskestävyyttä.

- A.1 5.3.4 Erityisominaisuuksia koskevat lisävaatimukset tarpeen mukaan

Levyä vastaan kohtisuorassa suunnassa vetorasitettujen teräslevyjen on täytettävä EN 10160 luokan S1 mukaiset vaatimukset. Tällaisten levyjen paikat merkitään rakennussuunnitelmaan

Nostokorvien ja muiden levyjen poikkisuuntaan vaikuttavien vetojännitysten alaisten detaljien kohdissa tulee käyttää vähintään standardin SFS-EN 10164 luokan Z25 mukaista terästä.

Jos Z-laattaa ei ole saatavilla ja suunnitelmien perusteella vaatimuksena on korkeintaan Z25-luokan teräs, on levyn poikkisuuntainen sitkeys mahdollista osoittaa seuraavasti:

- suoritetaan paikallisesti UT-tarkastus standardien EN 10160 ja EN 1090-2 mukaisesti - hyväksyntäkriteerinä luokka S1. UT-tarkastus tulee suorittaa levyille ennen kiinnitysosien hitsausta, jolloin nähdään onko levyssä kiinnityskohdassa mahdollista lamellirepeilyä sekä kiinnitysosien hitsauksen jälkeen.

Jos suunnitelmien perusteella vaatimuksena on luokan Z35-teräs, ei edellä esitettyä vaihtoehtoista menetelmää saa käyttää, vaan tulee käyttää standardin SFS EN 10164 luokan Z35 mukaista terästä.

Muut lisävaatimukset esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA  
TIETOJA

Muita erikoisominaisuuksia koskevia lisävaatimuksia voi olla esimerkiksi: vaatimukset rakenneputkien ja profiilien taivuttamisessa huomioon otettavista asioista, kuten esim. annetut ohjeet pienimmistä taivutussäteistä, profiilin korkeuden suhteesta materiaalin paksuuteen, taivutussuunnista yms.

A.2 5.3.4

Vaaditaanko tukien ja jäykisteiden lähellä olevat alueet tarkastettaviksi sisäisten epäjatkuvuuksien paljastamiseksi.

Ajoneuvo- ja raideliikenteen siltojen uumalevyt tarkastetaan tukijäykisteiden läheisyydessä SFS-EN 1090-2 esitetyllä tavalla. Tarkastettavan alueen korkeus uuman alareunasta on vähintään 1/3 osa uuman korkeudesta ja leveys neljä kertaa levyn paksuus kiinnityksen molemmilla puolilla. Kevyen liikenteen siltojen tukijäykisteiden lähellä olevia uumalevyn alueita ei vaadita tarkastettaviksi sisäisten epäjatkuvuuksien paljastamiseksi.

OPASTAVIA  
TIETOJA

Sillan rakennussuunnitelmassa voidaan tarvittaessa esittää edellisestä vaativampi tarkastuksen luokka ja tarkastuksen laajuus.

Tarkastuksen sijasta ja/tai sen lisäksi voidaan käyttää (SFS-EN 10164) mukaisia teräksiä ("Z-teräksiä") lamellirepeilylle alttiissa osissa.

### 3.4.3 Teräsvalut

#### A.1 5.4 Teräsvalujen lajit, laatumäärittelyt ja viimeistelyt

Vaatimukset esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA  
TIETOJA Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisus-  
ta 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseri-  
telmän laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

#### A.2 5.4 Teräsvalujen optiot

Teräsvalujen ja takeiden aineistodistus on standardin SFS-EN 10204 mukainen vastaanottotodistus 3.1, ellei muuta ole vaadittu.

Valukappaleille vaaditaan rikkomaton aineenkoestus (ks. SFS-EN 1559-2), joka toteutetaan ultraäänitarkastuksena seuraavasti:

- jokaisesta sulatuserästä tarkastetaan vähintään 10 % kappaleista,
- laatuluokka ja kappaleen tarkastusalueet määritetään kohdekohtaisesti standardin SFS-EN 12680-1 mukaisesti rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA  
TIETOJA Rakennussuunnitelmassa voidaan esittää lisävaatimuk-  
sia.

### 3.4.4 Hitsausaineet

#### A.2 5.5 Tuleeko käyttää muita kuin taulukossa 6 esitettyjä vaihtoehtoja

Hitsausaineet valitaan standardin SFS-EN 1090-2 taulukosta 6.

OPASTAVIA  
TIETOJA Ilmastokorroosiota kestäviä teräksiä hitsattaessa tulee hitsausaine valita siten, että hitsin kestävyys korroosion suhteen vastaa vähintään perusaineen kestävyyttä korroosion suhteen.

Mikäli käytetään muita kuin standardin SFS-EN 10025-5 mukaisia ilmastokorroosiota kestäviä teräksiä, niihin soveltuvat hitsausaineet esitetään hitsaussuunnitelmassa.

### 3.4.5 Mekaaniset kiinnittimet

#### LIVI 5.6 Siltojen ruuviliitoksissa käytetään kuumasinkittyjä tai ruostumat- tomasta teräksestä valmistettuja ruuveja, muttereita ja aluslaattoja.

- A.1 5.6.3 Ruuvien ja muttereiden lujuusluokat ja pinnoitteet ei-esijännitettäviin rakenteellisiin ruuvikokoonpanoihin
- Käytettävien ruuvien ja muttereiden lujuusluokat ja pinnoitteet esitetään aina sillan rakennussuunnitelmassa.
- Siltojen ei-esijännittävissä rakenteellisissa ruuvikokoonpanoissa käytetään aina EN ISO 898-1 mukaisten lujuusluokkien 8.8 ruuveja ja vastaavan lujuusluokan EN 20898-2 mukaisia muttereita. Aluslaattojen kovuuden tulee olla 200 ...400 HV.
- Ruuvien, muttereiden ja aluslaattojen tulee olla standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 2.2.4, standardin SFS-EN 1993-1-8 kohdan 1.2.4 viitestandardiryhmän 4 tai standardin SFS-EN 1993-1-4 kohdan 1.2 mukaisia.
- OPASTAVIA TIETOJA Ruostumattomista teräksistä valmistetut ruuvit ja mutterit ryhmitellään standardin SFS-EN ISO 3506 mukaan metallurgisen rakenteen perusteella (A) austeniittisiin, (F) ferriittisiin ja (C) martensiittisiin ryhmiin ja nämä edelleen alaluokkiin 1-5. Paremman korroosionkestävyyden vuoksi ruostumattomien terästen rakenteellisissa liitoksissa käytetään luokkien A2 ja A4 kiinnittimiä.
- Seostamattomien teräskiinnittimien pinnoitteena käytetään yleensä kuumasinkitystä.
- Katso seuraava kohta koskien austeniittis-ferriittisiä ruuvimateriaaleja.
- A.1 5.6.3 Tiettyjen ruuvikokoonpanojen mekaaniset ominaisuudet
- Käytettävien ruuvien ja muttereiden lujuusluokat esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.
- Ruuvikokoonpanon kaikkien osien tulee olla yhteensopivia viimeistelyn, pinnoitteen sekä korroosionkestävyyden suhteen.
- OPASTAVIA TIETOJA Kohta a) Standardien SFS-EN ISO 898-1 ja SFS-EN ISO 20898-2 pätevyysalue kattaa seostamattomista ja seostetusta valmistettujen ruuvikokoonpanojen koot M39 asti.
- Tätä suurempien ruuvikokoonpanojen merkitsemisjärjestelmä voi olla näiden standardien mukainen edellyttäen, että ruuvikokoonpano täyttää ko. standardeissa esitetyt kaikki kyseisen lujuusluokan mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet.



Austeniittis-ferriittisten ruostumattomien ruuvikokoonpanojen osalta Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritelmän laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

A.1 5.6.3 Tarkat yksityiskohdat eristystarvikkeiden käytölle

Käytettävät eristystarvikkeet ja menetelmät esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Jos käytetään ruostumattomien terästen tai alumiinin kiinnikkeinä hiiliteräksestä tai muusta epäjalosta metallista valmistettuja ruuveja, ruuvit tulee eristää jalommas- ta materiaalista tehdyistä osista niin, että metallista kon- taktia näiden välille ei pääse syntymään. Eristeenä käyte- tään ei-metallisia eristäviä aluslevyjä sekä ruuvien mut- terin kannan alla. Lisäksi ruuvien varren eristämiseksi tulee käyttää ei-metallisia holkkeja.

A.2 5.6.3 Voidaanko standardien SFS-EN ISO 898-1 ja SFS-EN 20898-2 mukaisia kiinnittimiä käyttää standardin SFS-EN 10088 mukais- ten ruostumattomien terästen kiinnittämiseen

Standardien SFS-EN ISO 898-1 ja SFS-EN 20898-2 mu- kaisia kiinnittimiä ei käytetä standardin SFS-EN 10088 mukaisten ruostumattomien terästen kiinnittämiseen.

OPASTAVIA TIETOJA Pinnoittamattomia tai sinkkipinnoitettuja seostamatto- masta teräksestä valmistettuja kiinnittimiä ei saa käyttää ruostumattomien terästen kiinnittämiseen tai ne on eris- tettävä ruostumattomasta teräksestä, vrt A.1 5.6.3.

A.1 5.6.4 Ruuvien ja muttereiden lujuusluokat ja pinnoitteet esijännitettä- viin rakenteellisiin ruuvikokoonpanoihin

Käytettävien ruuvien ja muttereiden lujuusluokat ja pin- noitteet esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

Siltojen esijännitetyissä ruuviliitoksissa käytetään aina SFS-EN ISO 898-1 mukaisten lujuusluokkien 8.8 tai 10.9 ruuveja ja vastaavia EN 20898-2 mukaisia muttereita. Aluslaattojen kovuuden tulee olla 200 ...400 HV lujuus- luokan 8.8 ja 290 ...400 HV lujuusluokan 10.9 ruuveille.

Ruuvien tulee täyttää standardin SFS-EN 1993-1-8 koh- dan 1.2.4 viitestandardiryhmän 4 esijännitetyille korkea- lujuuksisille ruuveille asetetut vaatimukset.

Ruuvikokoonpanon kaikkien osien tulee olla yhteensopi- via viimeistelyn, pinnoitteen sekä korroosionkestävyyden suhteen.

- OPASTAVIA TIETOJA Tuotestandardin mukaisesti ruuvikokoonpanolle ilmoitetaan K-luokka (K0, K1 tai K2). K-luokan käyttö ja vaatimukset esitetään liitteen A.2 kohdassa 8.5.1 ks. luku 3.7.5.
- Esijännitettyyn ruuvikokoonpanoon sopivat aluslaatat esitetään standardien SFS-EN 14399-6 (aluslaatta molemmiin puolin) tai SFS-EN 14399-5 (aluslaatta mutterin alla) mukaisesti.
- A.2 5.6.4 Voidaanko ruostumattomia ruuveja käyttää esijännitettävissä sovellutuksissa
- Ruostumattomia ruuveja ei käytetä esijännitettävissä liukumisen kestävässä luokan B tai C liitoksissa.
- OPASTAVIA TIETOJA Esijännitettyjen ruostumattomien ruuvien käyttö on kuitenkin mahdollista vetovoiman rasittamisissa esijännitetyissä E-luokan liitoksissa, jolloin niitä käsitellään erityiskiinnittiminä (ks. myös standardin SFS-EN 1090-2 liitteen A.1 kohta 12.5.2.1).
- A.1 5.6.6 Säänkestävien kokoonpanojen kemiallinen koostumus
- Kiinnittimien materiaalien tulee olla voimassa olevien tuotehyväksyntöjen mukaisia.
- OPASTAVIA TIETOJA Säänkestävät kiinnittimet luetaan erityiskiinnittimiksi.
- Kiinnittimen materiaalin tulee olla vähintään yhtä jalo kuin kiinnitettävä materiaali.
- Standardissa SFS-EN 10025-5 käytetään ilmaisua ”ilmastokorroosiota kestävä teräs”.
- Ilmastokorroosiota kestävästä teräksestä käytetään myös ilmaisua ”säänkestävä teräs”.
- A.2 5.6.7 Voidaanko raudoitusteräksiä käyttää perustusruuveina
- Standardin SFS-EN 10080 mukaisia raudoitusteräksiä voidaan käyttää perustusruuveina. Teräslaji esitetään silan rakennussuunnitelmassa. Perustusruuvit ovat aina kuumasinkittyjä.
- OPASTAVIA TIETOJA Käytettävän raudoitusteräksen nimellinen myötöraja saa olla enintään 640 MPa, kun perustusruuveja rasittaa leikkausvoima ja enintään 900 MPa muissa tapauksissa (ks. standardin SFS-EN 1993-1-8 kohta 3.3).
- Varmennustodistusten mukaisten perustusruuvien osalta viitataan ko. varmennustodistuksiin.

A.2 5.6.8 Vaaditaanko lukitusvälineitä käytettäväksi

Siltojen pysyvien A-luokan mukaisten ruuvikokoonpanojen mutterit varmistetaan lysmistämällä kierteet, käyttämällä standardien mukaista lukkomutteria tai toista mutteria. Kuumasinkityssä ruuvikokoonpanoissa käytetään aina toista mutteria.

B- ja C-luokan liitoksissa varmistusta ei vaadita, ellei rakennussuunnitelmassa toisin ole esitetty.

OPASTAVIA TIETOJA Mikäli lukitusvälineitä käytetään, vaatimus esitetään sillan rakennussuunnitelmassa (ks. myös standardin SFS-EN 1090-2 liitteen A2 kohta 8.2.1).

A.2 5.6.8 Voidaanko käyttää muita kuin viitestandardien mukaisia tuotteita lukituksen varmistamiseen

Käytetään yleensä viitestandardien mukaisia tuotteita lukituksen varmistamiseen.

OPASTAVIA TIETOJA Myös muita tuotteita lukituksen varmistamiseen voidaan käyttää, tällöin vaadittavat ominaisuudet ja käyttö tulee esittää sillan rakennussuunnitelmassa.

Jos jonkin viitestandardin mukaisen tuotteen käyttö halutaan kieltää, on se erikseen esitettävä sillan rakennussuunnitelmassa.

Ks. standardin SFS-EN 1090-2 liitteen A.1 kohta 5.1 muiden kuin standardien mukaisten tuotteiden käytöstä.

A.1 5.6.11 Levyvaikutussovellutuksissa käytettävien mekaanisten kiinnittimien tyyppi

Kiinnittimen tyyppi esitetään yksityiskohtaisesti sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Siltarakenteissa ei yleensä käytetä ohutlevyrakenteita eikä sen vuoksi myöskään levyvaikutusta hyödyntäviä karaniittejä nauloja tai kierteittäviä ruuveja.

A.1 5.6.12 Erityiskiinnittimet (kiinnittimet, joita ei ole standardisoitu CEN- tai ISO- standardeissa) ja kaikki tarvittavat kokeet

Erityiskiinnitin esitetään yksityiskohtaisesti sillan rakennussuunnitelmassa. Erityiskiinnittimien tulee olla voimassa olevan tuotehyväksynnän mukaisia.

OPASTAVIA TIETOJA Mikäli tuotteella ei ole tuotehyväksyntämenettelyä, kokeet ja hyväksymiskriteerit laaditaan hankekohtaisesti. Menetelmäkuvaus kokeista esitetään standardin SFS-EN 1090-2 kohdassa 8.9.

Teräsrakenteen maadoituksessa tarvittavia maalipinnan rikkovia tähtialuslevyjä voidaan käyttää kun ei-esijännitetty ruuvi ei siirrä ruuvin varren suuntaisia voimia.

### 3.4.6 Leikkausliittimet (sidepultit)

LIVI 5.7 Sidepultteina käytetään tyyppiä SD1 olevaa tappia standardin SFS-EN 13918 mukaan.

OPASTAVIA TIETOJA Standardissa SFS-EN 13918 käytetään betonin ja teräksen leikkausliittimestä termiä sideruuvi, joten tätä on käytetty myös tässä ohjeessa. Muita käytettyjä termejä ovat vaarnatappi, tappivaarna ja vaarnaruuvi.

### 3.4.7 Juotoslaastit

A.1 5.8 Käytettävät juotosvalumateriaalit

Alustavalujen materiaali, ominaisuudet, paksuus sekä toteutusajankohta esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Alustavaluihin käytettävien valumassojen tulee olla SILKO-hyväksytyjä tuotteita.

OPASTAVIA TIETOJA Alustavalun tulee lujuus-, säilyvyys-, suojaus- ym. ominaisuuksiltaan vastata rakenteen suunnittelun lähtökohtia (ympäristöolo-suhteet, kemialliset ja fysikaaliset vaikutukset).

Alustavalun lujuuden tulee olla vähintään sama kuin alapuolisen rakenteen.

### 3.4.8 Siltojen liikuntasaumat

A.1 5.9 Liikuntasaumojen tyyppiä ja ominaisuuksia koskevat vaatimukset

Liikuntasaumojen tyyppi ja ominaisuudet mukaan lukien tarvittavat liikevarat esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Käytettävien liikuntasaumalaitteiden tulee olla SILKO-hyväksytyjä tuotteita.

OPASTAVIA TIETOJA Ratasilloissa käytetään yleensä hankekohtaisesti määritettävää liikuntasaumakaukaloa.

### 3.4.9 Korkealujuusköydet, tangot ja ankkurin päätteet

A.1 5.10 Köysien vetolujuus ja pinnoite

Köysien vetolujuus ja pinnoite esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

**OPASTAVIA TIETOJA** Seostamattomien, kylmämuokattujen ja kylmävedettyjen teräsköysissä käytettävien lankojen vetolujuus on standardin SFS-EN 10264-3 taulukon 1 mukainen.

Ruostumattomien, teräsköysissä käytettävien lankojen vetolujuus on standardin SFS-EN 10264-4 taulukon 3 mukainen.

Lisätietona SFS-EN 1993-1-11: Vedettyjä rakenneosia sisältävien rakenteiden suunnittelu; Säilyvyyteen liittyvistä syistä kansallisessa liitteessä suositellaan käytettäväksi nimelliselle vetolujuudelle seuraavia arvoja; pyöreät teräslangat 1770 N/mm<sup>2</sup>, z-langat 1570 N/mm<sup>2</sup>, ruostumattomat pyöreät teräslangat 1450 N/mm<sup>2</sup>. Standardissa SFS-EN 10244-2 esitetään vaatimukset vedettyjen teräslankojen sinkki- ja sinkkiseospinnoitteiden ominaisuuksille. Lankojen pinnoiteluokat pinnoitteen paksuuden mukaan alkaen paksuimmasta ovat A (yleensä lopullinen pinnoite), AB, B, C sekä D. Lisäksi pinnoiteluokan A monikerrat, esim. A x 3, ovat mahdollisia. Luokkien AB sekä B mukaiset langat edellyttävät sinkkipinnoitettuna yleensä jälkivetoa. Luokkien C ja D mukaiset langat ovat pinnoitemassaltaan pieniä ja niiden pinnoittaminen tehdään kuumasinkitsemällä.

**A.1 5.10 Vedettyjen punosten nimike ja luokka**

Vedettyjen punosten nimike ja luokka esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

**OPASTAVIA TIETOJA** Jännepunosten nimikkeistö esitetään standardiluonnoksen EN 10138-3 kohdan 5 mukaisesti.

Esimerkki merkintätavasta:

standardi – teräksen nimi (esim. Y1860), S = punos, lankojen lukumäärä – halkaisija – pintakuviointi (I) – väsytyoluokka (F1,F2) – jännityskorroosioluokka (C1,C2)

EN 10138-3 – Y1860S7 – 15,7 – I – F1 – C1.

**A.1 5.10 Teräsköysien minimi murtokuorma ja halkaisija ja korroosiosuojaukseen liittyvät vaatimukset**

Teräsköysien minimi murtokuorma, halkaisija ja korroosiosuojaukseen liittyvät vaatimukset esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

Teräsköysien korroosiosuojaus määritetään standardin SFS-EN 1993-1-11 taulukoiden 1.1 ja 2.1 mukaisesti. Lisäksi tulee ottaa huomioon ympäristön rasitusluokka. Rasitusluokissa C5-I ja C5-M tulee aina käyttää teräsköysien pinnoitusta tai osoittaa korroosionkesto muulla vastaavalla tavalla.

**OPASTAVIA  
TIETOJA** Yleisimpien teräsköysien minimimurtokuorma poikkileikkausmuodon, halkaisijan ja teräslaadun mukaan esitetään standardin SFS-EN 12385-10 taulukoissa 5-17. Taulukoista halkaisijaltaan poikkeavien köysien minimimurtokuorman määrittäminen tapahtuu standardin SFS-EN 12385-10 liitteiden A ja B mukaan.

Käytettäessä korroosiosuojauksena sinkitystä, köyden kaikkien lankojen tulee olla sinkittyjä, mukaan lukien sydänlangat. Lankojen sinkityksen tulee olla standardin SFS-EN 10244-2 pinnoiteluokan B mukainen.

Lisätietona korroosiosuojaukseen; vedetyt rakenneosat SFS-EN 1993-1-11 taulukon 1.1 mukaisesti jaetaan luokkiin A, B ja C.

Luokka A, yksittäiset, yleensä poikkileikkaukseltaan pyöreät vetotangot, korroosiosuojauksen vaatimukset toteutettavissa kuten teräksille yleensä.

Ryhmän B vedettyjen rakenneosien korroosiosuojauksessa mahdollinen lisäsuojaus voidaan toteuttaa pinnoittamalla rakenne jälkikäteen polyuretaani- tai sinkkipohjaisilla pinnoitteilla.

Köysien, joissa käytetään ruostumattomasta teräksestä tehtyjä lankoja ja ruostumattomasta teräksestä tehtyjä päätyankkureita, ja joissa ei käytetä lisäsuojauksia korroosion suhteen, tulee täyttää vaaditun ympäristörasitusluokan vaatimukset. Ruostumattoman teräksen laatu valitaan standardin SFS-EN 1993-1-4 taulukon A.1 mukaan.

Ryhmän C vedettyjen rakenneosien korroosiosuojauksessa suojaputken sisäpuolinen tyhjä tila täytetään kokonaan vettähylyllä aineella, jolla ei ole haitallisia vaikutuksia rakenneosaan. Hyväksyttäviä korroosiosuoja-aineita rakenteiden köysissä ovat vaha, rasva, pehmeä hartsi. Sementti-injektointia ei sallita väsytyskuormitettuihin siltarakenteisiin eikä rakenteisiin, joissa yksittäiset langat tulee olla vaihdettavissa rakenteen suunnitellun käyttöiän aikana. Täyteaineen tulee toimia moitteettomasti rakenneosan käyttölämpötiloissa.

#### 3.4.10 Muut aineet ja tarvikkeet

**LIVI 5.12** Muiden aineiden ja tarvikkeiden laatuvaatimukset osalta viitataan asianmukaisesti standardeihin tai ne esitetään rakennussuunnitelmassa (laatuvaatimukset määräytyvät käyttötarkoituksen mukaan). Tällaisia voivat olla esim. kumit, muovit, liimat, saumamassat, kitit ja voiteluaineet.

Aineiden ja tarvikkeiden on säilyttävä käyttökelpoisina sillan suunnitellun käyttöiän (yleensä 100 vuotta), ellei sillan osaa ole suunniteltu vaihdettavaksi.

On käytettävä sellaisia tuotteita, joiden valmistus on tarkastettua ja laadunvalvontakokeiden tulokset ovat saatavissa. Vaadittavia tietoja ovat tuoteselosteet, käyttöohjeet, tyyppihyväksyntäpäätökset sekä laadunvalvonta- ja vaatimustenmukaisuuskokeiden tulokset. Koetulokset tulee voida kohdistaa toimituserään valmistuseriä osoittavien tunnusten avulla.

Jos laadusta ei saada riittävästi luotettavia tietoja tai koetuloksia ei voida yhdistää toimitettuihin tuotteisiin, tehdään vaatimustenmukaisuuskokeet toimituserittäin.

## 3.5 Esivalmistus ja kokoaminen (SFS-EN 1090-2, luku 6)

### 3.5.1 Tunnistaminen

- A.1 6.2 d Alueet, joilla merkintätavalla ei ole vaikutusta väsytykestävyyteen

Profiileissa merkintä voidaan merkintätavasta riippumatta tehdä uuma-alueelle. Merkintöjä ei tehdä kuitenkaan hitseihin, hitsien läheisyyteen, reikien tai aukkojen läheisyyteen eikä nosto- ja kiinnityskorvakkeiden läheisyyteen.

OPASTAVIA TIETOJA Silloissa merkintä on pyrittävä sijoittamaan rakenneosan neutraaliakselille.

- A.1 6.2 Alueet, joilla tunnistusmerkintöjä ei sallita tai ne eivät saa näkyä valmiissa rakenteessa

Kovien tunnistusmerkintöjen (kova leimasin, stanssaus ja poraaminen) käyttö ei ole yleensä sallittua.

OPASTAVIA TIETOJA Siltarakenteen pysyvästi puristusrasitetuissa osissa voidaan käyttää kovia leimoja suunnittelijan luvalla. Yleensä näkyviin jäävät tunnistusmerkinnät on tehtävä pääkannattajissa palkkien 'sisäpuoliselle' alueelle, josta ne voidaan tarpeen vaatiessa tarkistaa huoltosillalta.

- A.2 6.2 Esitetäänkö "koville" leimanumeroille, lävistetyille tai poratuille merkinnöille muita vaatimuksia

Siltojen teräsrakenteissa kovien leimojen ja lävistettyjen tai porattujen leimojen käyttö ei ole sallittua.

OPASTAVIA TIETOJA Kovien leimojen käyttö voidaan kuitenkin sallia siltarakenteen pysyvästi puristetussa osissa suunnittelijan luvalla.



- A.2 6.2 Voidaanko käyttää pehmeitä tai alhaisen jännityksen aiheuttavia leimoja

Pehmeitä leimoja voidaan käyttää rakenteen niissä osissa, joissa niillä ei ole vaikutusta rakenteen väsytykestävyyteen.

OPASTAVIA  
TIETOJA Leimat tulee sijoittaa aina rakenteen vähiten vetorasitettuihin kohtiin. Leimoja ei saa käyttää laippojen reunojen läheisyydessä ja uumissa leimat tulee sijoittaa niiden keskikorkeudelle.

Staattisen kuormituksen alaisissa rakenteissa voidaan yleensä käyttää alhaisen jännityksen aiheuttavia leimoja ilman rajoituksia.

- A.2 6.2 Kielletäänkö pehmeiden ja alhaisia jännityksiä aiheuttavien leimojen käyttö ruostumattomille teräksille

Käytetään pehmeitä leimoja.

OPASTAVIA  
TIETOJA Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritelmän laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

### 3.5.2 Käsittely ja varastointi

- LIVI 6.3 Väliaikaiset kiinnikkeet

Rakenneosien ja rakenteiden laatu ei saa heikentyä siirtojen, kuljetusten tai varastoinnin aikana eikä niitä varten tehtyjen kiinnikkeiden ja tukien vaikutuksesta. Tehdyt toimenpiteet eivät saa myöskään heikentää myöhemmin tehtävien työvaiheiden, kuten esimerkiksi pinnoituksen laatutasoa.

Asennukseen liittyviä nostoja ja siirtoja varten tehtävät kiinnikkeet esitetään liitoksineen yksityiskohtaisesti valmistus- tai asennussuunnitelmassa. Pinnoitettujen rakenneosien käsittelyn kannalta on usein eduksi, jos nostolenkit ja vastaavat voidaan jättää pysyvästi rakenteeseen.

Kiinnikkeet poistetaan rakennetta vaurioittamatta, ellei niitä ole suunniteltu pysyviksi. Laippojen ja muiden vetorasitettujen rakenneosien osalta hiontakohda on aina tutkittava MT-tarkastuksella tai vastaavalla menetelmällä mahdollisten säröjen välttämiseksi.

Pysyvien rakenneosien lisääminen tai muuttaminen käsitellään aina rakennussuunnitelman muutoksena eikä niitä

saa tehdä ilman tilaajan hyväksyntää.

Nostoista ei saa aiheutua rakenteisiin lujuuden kannalta haitallisia jännityksiä eikä sellaisia pysyviä muodonmuutoksia, jotka heikentävät kantokykyä, kestävyyttä, muita käyttöominaisuuksia tai ulkonäköä.

Nostoissa vaikuttavat sysäykset otetaan rasituksia määritettäessä huomioon.

Siirtojen ja kuljetuksen sekä mahdollisen välivarastoinnin aikana estetään, tarvittaessa suojauksia apuna käyttäen, rakenneosien ominaisuuksien huononeminen sään, liikenteen ja muiden haitallisten tekijöiden vaikutuksesta siinä määrin, että niitä ei puhdistus- ja korjaustoimenpiteiden jälkeenkään saada täyttämään kaikkia niille asetettuja vaatimuksia.

Asentamisen aikaisia kuormia on esitetty Liikenneviraston soveltamisohjeessa NCCI 4 kappaleessa 4.1.

### 3.5.3 Leikkaus

#### LIVI 6.4 Koneistetut pinnat

Koneistaminen tehdään rakennussuunnitelmissa esitettyjen vaatimusten mukaan. Ellei rakennussuunnitelmissa ole esitetty vaatimuksia pintojen profiilisyvyydestä, se saa olla enintään  $R_a = 12.5 \mu\text{m}$ . Tämä on myös enimmäispoikkeama.

#### LIVI 6.4.3 Polttoleikattujen pintojen toleranssit

Standardista SFS-EN 1090-2 poiketen on siltarakenteilla polttoleikattujen pintojen toleranssit seuraavat:

- pinnan kohtisuoruus- tai kaltevuustoleranssi  $u$ : alue 3 - ks. standardin SFS-EN ISO 9013 taulukko 4
- profiilisyvyyden keskiarvo  $Rz5$ : on alue 3 - ks. standardin SFS-EN ISO 9013 taulukko 5
- toleranssiluokka: 2 - ks. standardin SFS-EN ISO 9013 taulukko 7
- toleranssit merkitään piirustuksiin seuraavasti: merkitään ISO 9013-332.

#### LIVI 6.4.3 Polttoleikattujen pintojen esikäsittely pinnoitusta varten

Kaikista polttoleikatuista pinnoista tulee poistaa polttoleikkauskuona esimerkiksi kevyesti hiomalla.

Maalattavaksi tulevat polttoleikatut pinnat on karhennettava kauttaaltaan samaan vaatimuksen mukaiseen karheus- ja puhdistusasteeseen kuin muu rakenne. Karhennus voidaan tehdä esimerkiksi kevyellä hionnalla tai suihku-puhdistamalla särmikkäällä teräsrakeella.

- A.2 6.4.4 Esitetäänkö seostamattomien terästen vapaiden reunojen pinnoille kovuusvaatimus?

Käytetään standardin SFS-EN 1090-2 taulukon 10 ohjeita.

OPASTAVIA  
TIETOJA Vapaiden reunojen pintojen kovuus ei saa haitata maalausta ja kuumasinkitystä. Rakenneteräksen pinnan tulee olla riittävän pehmeä, jotta suihkupuhdistettaessa pinnan karhennus onnistuu. Tarvittaessa leikkauspinnat voidaan hioa ja karhentaa mekaanisesti.

- A.2 6.4.4 Esitetäänkö muita vaatimuksia leikkaamisessa käytettävien menetelmien kelpoisuuden tarkastamiseen?

Leikkaamisessa käytettävien menetelmien kelpoisuus tarkastetaan standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 6.4.4 mukaisesti.

OPASTAVIA  
TIETOJA Prosessien toimivuuden tarkastamiseen käytetään standardin esittämää ohjetta.

### 3.5.4 Muotoilu

- LIVI 6.5.1 Yleistä

Syvennykset viimeistellään juoheiksi kaltevuuteen 1:10 tai loivemmiksi ellei rakennussuunnitelmassa muuta ole esitetty.

- LIVI 6.5.3 Kuumalla oikaisu

Standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 6.5.2 rajoitukset koskevat myös kuumalla oikaisua.

- LIVI 6.5.4 Kylmämuovaus

Jos oikaisu tehdään kylmänä, teräksen plastinen muodonmuutos ei saa ylittää 5 % (taivutussäteen ja ainepak-suuden suhde  $R:t \geq 10$ ), ellei oikaisun jälkeen tehdä teräksen valmistajan ohjeiden mukaista lämpökäsittelyä.

- A.1 6.5.4 c Vähimmäistaivutussäteet niille ruostumattomille teräslajeille, joihin tekstissä ei ole viitattu

Muiden kuin standardin SFS-EN 1090-2 kohdassa 6.5.4 mainittujen taivutettavien ruostumattomien teräslajien pienimmät taivutussäteet valitaan 6.5.4 b) yleisohjeen mukaisesti austeniittisille teräslajeille 2t ja austeniittisferriittisille (duplex) teräslajeille 2,5t, missä t on levynpaksuus. Vaihtoehtoisesti sovelletaan kunkin ruostumattoman teräslajin valmistajan toimittamia tietoja ja/tai mahdollisia koetuloksia teräslajin vähimmäistaivutussäteen arvoa esitettäessä.

**OPASTAVIA TIETOJA** Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseri-  
telmän laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

- A.2 6.5.4 b Edellytetäänkö mainituille ruostumattomien terästen lajeille käytettäväksi muita vähimmäistaivutussäteitä

Standardissa SFS-EN 1090-2 mainituille ruostumattomille teräksille voidaan käyttää muita minimitaivutussäteitä.

**OPASTAVIA TIETOJA** Materiaalin toimittaja voi antaa ohjeita materiaalin minimitaivutussäteille, mutta ne on esitettävä sillan rakennussuunnitelmassa.

- A.1 6.5.4 d Kylmämuovattujen ohutlevyrakenteiden suojakalvot

Silloissa ohutlevyrakenteita käytetään vain sekundäärisissä osissa. Mahdollinen vaatimus suojakalvojen käytöstä esitetään sillan rakennussuunnitelmassa

**OPASTAVIA TIETOJA** Suojakalvon tarkoitus on suojata pintoja vaurioilta (esim. naarmut) ja epäpuhtauksilta.

- A.2 6.5.4 e Esitetäänkö pyöreiden putkien kylmämuovaukselle muita ehtoja

Muita ehtoja ei esitetä.

**OPASTAVIA TIETOJA** Poikkeavat vaatimukset esitetään hankekohtaisesti sillan rakennussuunnitelmassa.

### 3.5.5 Rei'itys

- A.1 6.6.1 Liikuntasaumojen erityismitat

Mikäli ruuviliitos toimii liikuntasaumana siinä käytettävien ylisuurien reikien avulla, ruuvien reikien mitat esitetään aina sillan rakennussuunnitelmassa.

**OPASTAVIA TIETOJA** Kohdan tarkoittamia liikuntasaumoja esiintyy yleensä sillan varusteissa ja laitteissa (esimerkiksi kaiteet, suojapellit, törmäysjohteet yms.)

A.1 6.6.1 Reiän nimellishalkaisijat kuumaniiteille

Uusia siltoja rakennettaessa kuumaniittejä ei käytetä.

OPASTAVIA TIETOJA Korjauskohteissa vanhat kuumaniitit korvataan yleensä soviteruuveilla.

A.1 6.6.1 Upotuksen mitat

Mikäli käytetään uppokantaruuveja, niitä varten tehtävien upotusten dimensiot ja sijainnit esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Upotukset on otettava huomioon laskettaessa perusaiheen nettopoikkileikkauksen kestävyyttä, ks. standardin SFS-EN 1993-1-1 kohta 6.2.2.2 ja standardin SFS-EN 1993-1-8 taulukko 3.4.

A.2 6.6.1 a Esitetäänkö tavallisten pyöreiden reikien nimellisvällykselle muita arvoja torni- ja masto- ja vastaavissa sovellutuksissa

Nimellisvällysten arvoille noudatetaan standardin SFS-EN 1090-2 mukaisia arvoja. B- ja C-luokan ruuviliitoksissa vällys saa olla korkeintaan 1 mm.

OPASTAVIA TIETOJA HUOM. Vällys voi vaikuttaa rakenteiden kuten torni- ja mastorakenteiden värähtelyominaisuuksiin.

A.2 6.6.2 Esitetäänkö reiän halkaisijalle muita toleransseja

Reiän halkaisijan tulee täyttää SFS-EN 1090-2 kohdan 6.6.2 vaatimukset.

OPASTAVIA TIETOJA Tarvittaessa yli 20 mm paksuihin levyihin tehtävien reikien halkaisijan toleranssi esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Jos reiän halkaisijan toleranssi ylittää standardin SFS-EN 1090-2 mukaisen arvon, on tämä otettava huomioon mitoituksessa.

Standardin SFS-EN 1090-2 kuvan 1 tulkintaan tarkennuksena: reikien tulee täyttää aina myös ko. standardin kohdassa 6.6.1 annetut toleranssit reikien mitalle.

A.2 6.6.3 Edellytetäänkö lävistämällä valmistettavien reikien avartamista toteutusluokissa EXC1 ja EXC2

Siltojen pysyvissä rakenteissa lävistämällä tehdyt reiät avarretaan aina, joten reikiä ei saa tehdä lävistämällä ilman avartamista myöskään toteutusluokan EXC2 rakenteissa.

OPASTAVIA TIETOJA Tilapäisissä rakenteissa avartamista ei edellytetä, ellei sillan rakennussuunnitelmassa sitä erikseen vaadita.

A.2 6.6.3 Esitetäänkö pitkien pidennettyjen reikien tekemiselle muita vaatimuksia

Pitkät pidennetyt reiät lävistetään kerralla tai lävistetään tai porataan kaksi reikää ja loput polttoleikataan käsin. Siltojen pysyvissä rakenteissa lävistämällä tehdyt reiät avaretaan aina.

OPASTAVIA TIETOJA Pitkiä pidennettyjä reikiä käytetään vain siltojen sekundäärisissä osissa.

### 3.5.6 Aukot

A.1 6.7 Kohdat, joissa kylmämuovatuissa ohutlevyrakenteissa ei sallita nurkkia, joissa leikattujen pintojen välinen avoin kulma on pienempi kuin 180° ja pienimmät hyväksyttävät pyöristyssäteet

Sillan kantavissa rakenteissa ei sallita lävistämällä tehtyjä sisäkulmia.

Sisäkulmien pyöristyssäde tulee esittää sillan rakennussuunnitelmassa.

Pyöristyssäteen tulee aina olla  $\geq 10$  mm. Jos siltojen kantavissa rakenteissa käytetään kylmämuokattuja teräsosia, mahdollisten sisäkulmien pyöristyssäteet tulee esittää sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Yleensä lävistämällä tehtyjä sisäkulmia käytetään ohutlevyrakenteissa. Silloissa ohutlevyrakenteita käytetään yleensä vain sekundäärisissä rakenneosissa tai valumuotteina.

### 3.5.7 Täydelle kosketuspinnalle tarkoitetut pinnat

A.2 6.8 Vaaditaanko täyttä kosketuspintaa

Täydelle kosketukselle (tiukka sovitus) tarkoitetut pinnat esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

Suunnitelmaan merkityt puskuliitokset sovitetaan siten, että liitospinnat ovat tiiviissä kosketuksessa. Liitospintojen välillä saa olla enintään 0,5 mm leveä paikallinen rako.

OPASTAVIA TIETOJA Esimerkkeinä täyttä kosketuspintaa yleensä vaativista tapauksista:

- tukijäkisteiden ja alalaipan välinen liitos
- pilarien ja pohjalevyjen liitokset

### 3.5.8 Kokoaminen

#### LIVI 6.9 Asennusliitokset ja -kiinnikkeet

Kaikki rakenneosien siirroissa, nostoissa ja kokoonpanossa tarvittavat väliaikaiset tai pysyviksi tarkoitetut kiinnikkeet ja reiät esitetään yksityiskohtaisesti valmistus- tai asennussuunnitelmassa mitoituslaskelmineen.

Asennusliitosten vaatimustenmukaisuuden osoittamista ja laadunvalvontaa koskevat samat vaatimukset kuin muitakin liitoksia.

#### A.1 6.9 Tilapäisten kokoonpanojen liitosten erikoisvaatimukset mukaan lukien väsytykseen liittyvät

Siltojen teräsrakenteisiin ei saa tehdä mitään rakennussuunnitelmaan kuulumattomia reikiä ilman tilaajan hyväksyntää.

Kaikki siltarakenteisiin tehtävät tilapäiset kiinnitykset tulee hyväksyttävä suunnittelijalla. Kiinnikkeitä ei saa sijoittaa näkyviin pintoihin.

OPASTAVIA  
TIETOJA Tämä kohta tarkoittaa tilapäisiä ruuvikiinnityksiä, joiden valmistus edellyttää rei'itystä.

Tilapäiset hitsausliitokset ks. standardin SFS-EN 1090-2 kohta 7.5.6.

### 3.5.9 Kokoamisen tarkastus

#### A.2 6.10 Edellytetäänkö koeasennusta ja missä laajuudessa

Koeasennusta ei vaadita tehtäväksi, ellei sitä sillan rakennussuunnitelmassa tai tarjouspyyntöasiakirjoissa nimenomaan vaadita. Mikäli koeasennusvaatimusta ei ole määritetty, tulee teräsrakenteen toimittajan varmistaa rakenneosien yhteensopivuus muilla menetelmillä.

OPASTAVIA  
TIETOJA Mikäli koeasennus vaaditaan, sen laajuus esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

Koeasennuksessa rakenne tuetaan jännityksettömään tilaan, ellei rakennussuunnitelmassa ole annettu mittoja ja muotoa muussa kuormitustilassa. Ellei jännityksettömyyttä voida järjestää, pitää rakenteen muodonmuutokset määrittää koeasennuksen eri vaiheissa ja ottaa ne huomioon mittauksissa ja rakenneosien välisiä liitoksia tehtäessä.

Geometrialtaan monimutkaisten tai toleransseiltaan tiukkojen osakokoonpanojen yhteensopivuus saattaa olla taroituksenmukaista varmistaa konepajalla suoritettavalla koeasennuksella.

## 3.6 Hitsaus (SFS-EN 1090-2, luku 7)

### 3.6.1 Hitsaussuunnitelma

#### LIVI 7.2.1 Hitsaussuunnitelman laatiminen

Hitsaussuunnitelman tulee sisältää standardin ks. SFS-EN 1090-2 kohdassa 7.2.2 esitetyn lisäksi ainakin seuraavat asiat soveltuvin osin:

- hitsausolosuhteet
- railon muodot ja railojen viimeistely
- hitsausasennot
- hitsaajien pätevyys
- hitsien jälkikäsittely
- hitsien viimeistely.

Hitsausohjeissa (WPS) (ks. SFS-EN ISO 15607) esitetään ainakin seuraavat asiat:

- esilämmityksen tarpeellisuus
- suurin työlämpötila
- railon muodot ja railojen viimeistely
- hitsausasennot
- hitsausmenetelmät ja laitteet
- lisäaineet: puikot, langat, jauheet ja
- lämpötilan mittaustapa
- suojakaasut
- hitsausjärjestys
- hitsausenergia: kuljetusnopeus, jännite ja virranvoimakkuus (tai puikolla saatava palon pituus).

#### A.2 7.3 Sallitaanko muiden hitsausprosessien käyttö

Muiden hitsausprosessien käyttö on sallittua standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 7.3 mukaisesti.

**OPASTAVIA  
TIETOJA** Muiden kuin standardissa SFS-EN 1090-2 esitettyjen hitsausprosessien käyttö sallitaan, mikäli ne ovat menetelmä- ja/tai esituotannollisin kokein voitu osoittaa soveltuviksi ja valmistajan hitsauskoordinoijalla on riittävä pätevyys ko. prosessiin.

### 3.6.2 Hitsausmenetelmien ja hitsaushenkilöstön hyväksyminen

#### LIVI 7.4 Hitsaussuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle tarkastettavaksi viimeistään viikkoa ennen hitsaustöiden aloittamista.



Menetelmäkokeiden vaatima aika on otettava huomioon hitsaus-suunnitelmaa laadittaessa. Menetelmäkokeiden hyväksyttävien koetulosten pitää olla käytettävissä ennen kuin hitsaussuunnitelma voidaan kokonaisuudessaan tarkastaa.

A.2 7.4.1.1 Vaaditaanko siltahitsejä varten erityisvaatimuksia hitsaus-ohjeessa

Siltarakenteissa siltahitseille ei aseteta erityisvaatimuksia kun käytetään enintään S460 perusaineita. Siltahitsit on kuitenkin aina tehtävä hyväksyttyä hitsausohjetta (WPS) noudattaen. Mikäli perusaine on lujempaa kuin S460, tulee siltahitsien asemat hyväksyttää suunnittelijalla

OPASTAVIA  
TIETOJA Siltahitsien sijainti ja koko voivat vaikuttaa väsytyskuorimitetun rakenteen kestävyys. Niille voidaan esittää sillan rakennussuunnitelmassa erityisvaatimuksia, esim. standardin SFS-EN 1993-1-9 taulukko 8.3. Siltahitsin (silloitus) pituus ja koko määräytyvät käytettävän teräksen ja sen ainevahvuuden perusteella, ks. standardin SFS-EN 1090-2 kohta 7.5.7.

A.2 7.4.1.2.b Vaaditaanko iskutkeys-kokeita

Iskutkeys-kokeet vaaditaan siltojen pääkannattajien päittäisliitoksille standardin EN-ISO 15614-1 mukaan, tämä koskee myös ko. rakenteiden levyjatkoksia. Vaatimus koskee kaikkia levypaksuuksia.

OPASTAVIA  
TIETOJA Hitsin tulee täyttää standardin mukaisessa iskutkeys-kokeessa perusaineelle esitetyt iskutkeysvaatimukset.

Menetelmäkokeesta laadittu pöytäkirja (WPQR) on hitsausohjeen (WPS) pohjana.

A.2 7.4.1.4 Vaaditaanko työkokeita

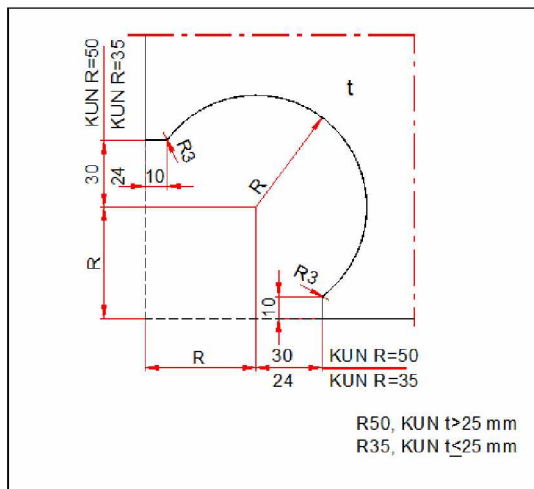
Erityistapauksissa työkokeita voidaan vaatia ja vaatimus esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Perusteet tulee esittää suunnitelmissa.

OPASTAVIA  
TIETOJA Työkokeita saatetaan vaatia esimerkiksi erityishitsausmenetelmien yhteydessä.

### 3.6.3 Hitsauksen esivalmistus ja suoritus

LIVI 7.5 Hitsiliitosten detaljit

Mikäli rakenteessa - esimerkiksi uuman jäykisteen sisäkulmassa - tarvitaan notsia, muotoillaan se kuvan 4 mukaisesti. Notsien paikat esitetään rakennussuunnitelmassa.



Kuva 4. Notsikolon muotoilu tehdään oheisten mittojen mukaisesti.

#### LIVI 7.5.1 Railomuodot

Liikenneviraston terässiltarakenteissa railomuodoissa voidaan soveltaa menetelmäkokeessa käytettyä railomuotoa ja hitsausarvoja menetelmäkoestandardin sallimia raja-arvoja noudattaen.

**OPASTAVIA TIETOJA** Esimerkiksi päittäisliitoksen tyypit tulkitaan samaksi railomuodoksi.

#### A.2 7.5.4 Asetetaanko rakenneputkien välisille hitsausliitoksille muita kuin liitteen E mukaisia vaatimuksia

Noudatetaan standardin SFS-EN 1090-2 liitteen E ohjeita.

**OPASTAVIA TIETOJA** Yleensä rakenneputkien välisten hitsausliitosten muoto ja tyyppi esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Railomuodot voidaan valita standardin SFS-EN 1090-2 liitteen E mukaan.

#### A.1 7.5.6 Alueet, joilla ei sallita tilapäisiä hitsejä

Valmistajan on hyväksyttävä kaikki tarpeelliseksi katsomansa tilapäiset hitsauskiinnitykset suunnittelijalla. Tilapäiset hitsit dokumentoidaan laatuaineistoon. Varsinkin laipparakenteisiin tulevia tilapäisiä hitsejä tulee välttää.

Laippaliitosten aloitus- ja lopetuspalojen hitsaukset tehdään kohdan A.2 7.5.9.1 mukaan eikä niiden osalta valmistajan tarvitse erikseen hyväksyttää palojen kiinnityksiä suunnittelijalla.

Samoin jatkosten uumalevyjen kiilalevyjen kiinnityksiä ei tarvitse hyväksyttää suunnittelijalla, ellei rakennussuunnitelmassa ole erikseen näin sanottu. Jos asennustavan tarkia tarvitaan tilapäisiä rakenneosia, tulee ne suunnitella aina kun mahdollista, ruuviliitoksina.

OPASTAVIA TIETOJA Tilapäisiä kiinnityshitsejä ei yleensä saa tehdä lähelle laippojen reunoja (alle 100 mm), lähelle reikiä eikä rakenteellisten hitsien päälle tai lähelle.

A.1 7.5.6 Tilapäisten kiinnitysten käyttö toteutusluokissa EXC3 ja EXC4

Ks. edellinen kohta.

OPASTAVIA TIETOJA Tilapäisiä hitsejä tulee välttää vedetyissä rakenteissa ja aina toteutusluokan EXC4 mukaisissa rakenteissa.

A.2 7.5.6 Sallitaanko leikkaaminen ja talttaaminen toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 tilapäisten hitsien poistamisessa

Käytettäessä leikkaamista tai talttaamista tilapäisten rakenteiden poistamisessa tulee rakenteeseen jättää vähintään 5 mm korkea kanta, joka poistetaan hiomalla.

Tilapäiset kiinnityshitsit poistetaan aina siltarakenteissa (EXC3 ja EXC4) hiomalla. Perusaineen pinta hiotaan tilapäisen kiinnityksen poiston jälkeen huolellisesti sileäksi. Hiottu alueet tarkastetaan aina tämän ohjeen kohdan A.2 12.4.2.2 mukaan.

A.2 7.5.8.2 Saako ohutlevyrakenteiden pienahitsien päatekohdat jättää täytämättä

Pienahitsien päatekohdat täytetään.

OPASTAVIA TIETOJA Ohutlevyrakenteita käytetään silloissa vain sekundäärisissä rakenneosissa tai muotteina eikä lainkaan pysyvissä kantavissa rakenteissa.

A.1 7.5.9.1 Jatkoksissa käytettävien päittäishitsien sijainnit

Käytettävien tuotteiden jatkokset, joita ei ole esitetty rakennussuunnitelmissa, voidaan sijoittaa vain rakennussuunnitelmassa esitetyille alueille tai suunnittelijan erikseen hyväksymiin kohtiin.

Käytettävien tuotteiden jatkosten tekemistä koskevat kaikki samat vaatimukset kuin varsinaisia rakennussuunnitelmassa esitettyjä ko. rakenneosan päittäisjatkoksia.

		OPASTAVIA TIETOJA	Esimerkiksi laippalevy voidaan antaa suunnitelmissa koko lohkon pituisena ja lisäksi annetaan alue, jolle levyn päittäisjatkoksen voi sijoittaa.
A.2	7.5.9.1	Vaaditaanko toteutusluokassa EXC2 käytettäväksi aloitus- ja lopetuspaloja	<p>Ajoneuvo- ja raideliikenteen sillat kuuluvat toteutusluokkaan EXC3 tai EXC4. Aloitus- ja lopetuspaloja käytetään aina laippalevyjen päittäishitseissä - myös kevyen liikenteen silloissa, jotka kuuluvat toteutusluokkaan EXC2.</p> <p>OPASTAVIA TIETOJA</p> <p>Aloitus- ja lopetuspalojen käytön tarkoitus on toteutusluokasta riippumatta varmistaa, että hitsin päät ovat saman paksuiset kuin muu hitsi sekä säröttömät.</p>
A.2	7.5.9.1	Vaaditaanko hitsiltä tasaista pintaa	<p>Hitsiltä vaaditaan tasaista pintaa siltojen laippalevyjen päittäishitsien päissä laipan reuna-alueilla 50 mm:n matkalla ja uuman kohdalla sekä muutenkin kohdissa, missä rakenneosia (jäykiste, uuma) risteää päittäishitsin kanssa. Muuten päittäishitseiltä ei vaadita tasaista pintaa ellei vaatimusta erikseen esitetä sillan rakennussuunnitelmassa.</p> <p>OPASTAVIA TIETOJA</p> <p>Tasaista pintaa voidaan vaatia esteettisistä tai toiminnallisista syistä, esimerkiksi työntöasennuksessa alalaipan hitsit tulee olla hiottuna tasaisiksi.</p> <p>Ratasilloissa teräskaukalon pohjalevyn jatkoshitsi suositellaan hiottavaksi, kun kaukalo pintakäsitellään polyuretaanielastomeerillä tai vastaavalla. Tällä varmistetaan riittävä pinnoitepaksuus myös sauman kohdassa. Hitsin pinnan tasaisuuden tulee vastata sillan väsytsmitoituksessa tehtyjä oletuksia, ks. standardi SFS-EN 1993-1-9.</p>
A.2	7.5.9.2	Kielletäänkö pysyvän teräksisen juurituen käyttö yhdeltä puolelta hitsatuissa hitseissä	<p>Pysyvää juuritukea tulee käyttää pääkannattajien pienten kotelomaisten rakenteiden, kuten rakenneputkien ja trapsijäykisteiden jatkoksissa. Juuritukien silloitushitsien tulee jäädä lopullisten hitsien sisään.</p> <p>Päällekkäisten laippalevyjen päittäisliitos tehdään NCCI 4 kohdassa 6.1.6.5 esitetyllä tavalla. Jatkos esitetään aina rakennussuunnitelmassa.</p> <p>OPASTAVIA TIETOJA</p> <p>Rakenneputkien jatkoksissa juuritukea voidaan käyttää, avoprofiilissa yleensä ei. Pysyvän juurituen vaikutus väsymiskestävyyteen otetaan suunnittelussa huomioon.</p>

- A.2 7.5.9.2 Sallitaanko yhdeltä puolelta ilman juuritukea hitsattujen rakenneputkien välisten päittäishitsien hiominen sileäksi

Sekundäärirakenteiden putkien hitsejä ei saa hioa putken pinnan tasoon, ellei sitä sillan rakennussuunnitelmassa ole nimenomaan määrätty tehtäväksi.

OPASTAVIA TIETOJA Hiominen voidaan sallia menetelmäkokeen perusteella.

- LIVI 7.5.12a Tapitushitsauksen valmistelu

Ennen tapitushitsauksen alkua perusaine suihkupuuhdistetaan puhtausasteeseen Sa 2 standardin SFS-EN ISO 8501-1 mukaan.

Vaarnapultin keskikohdan tulee sijaita vähintään 30 mm:n päässä laipan päittäishitsin reunasta.

Tapitushitsaus suoritetaan standardin SFS-EN ISO 14555 mukaisesti.

- LIVI 7.5.12b Tapitushitsauksen laadunvarmistus

Tapitushitsauksen laadunvarmistus toteutetaan standardista SFS-EN ISO 14555 poiketen seuraavasti, ellei toteutuseritelmässä muuta ole mainittu:

1. Hitsattujen vaarnapulttien pituus tarkastetaan mittaamalla vähintään 5 % vaarnojen määrästä. Mitattavat vaarnapultit valitaan silmämääräisesti.

Vaarnapultti ei saa olla enempää kuin 2 mm suositusmittaansa pitempi. Suositusmitalla tarkoitetaan täydellisesti hitsaantuneen vaarnapultin pituutta. Vaarnapulttien valmistaja ilmoittaa sen tuoteselostuksessaan tai se määritetään tyyppihyväksyntä- tai menetelmäkokeiden perusteella.

Jos poikkeavia vaarnapultteja löydetään, lisätään tarkastusten määrää niin, että saadaan luotettava kuva 'koholla' olevien vaarnapulttien määrästä. Kaikki vaarnapultit, jotka ovat enemmän kuin 2 mm suositusmittaansa pitempiä, tutkitaan lyöntikokeella tai niiden kiinnitys vahvistetaan pienahitsillä.

2. Kaikille vaarnapulteille tehdään sointikoe, jossa lekalla napauttamalla saatetaan vaarnapultti värähtelemään. Kaikille soinnin perusteella epäilyttäviksi todetuille vaarnapulteille tehdään taivutus-koe tai vahvennetaan pienahitsillä.

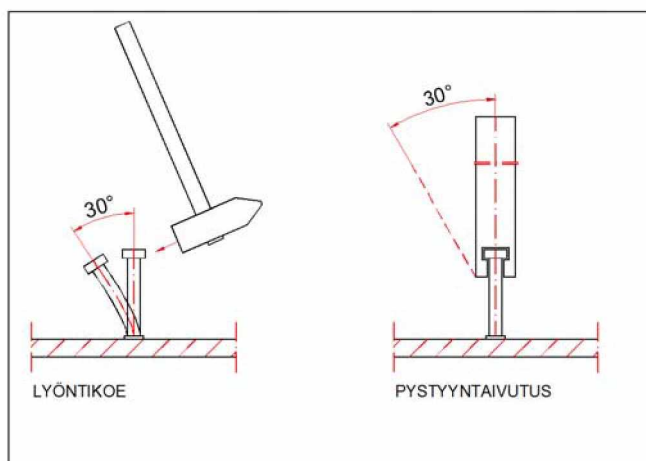
3. Taivutuskokeita (ks. SFS-EN ISO 14555 kohta 11.3 ja kuva 5) tehdään vähintään yksi alkavaa 200 vaarnapulttia kohti. Tämän lisäksi tehdään kaksi ylimääräistä taivutuskoetta kutakin murtunutta vaarnapulttia kohti. Murtuneiden pulttien jäljet ta-soitetaan hiomalla. Uusi vaarna hitsataan murto-paikan viereen.

Taivutuskokeen jälkeen ehjiksi osoittautuneet vaarnapultit saavat jäädä vinoon, elleivät työme-netelmät tai vaarnapulttien toiminta rakenteessa vaadi niiden oikaisemista. Ne lyöntikokeessa vi-noon menneet vaarnapultit, jotka eivät saa jäädä vinoon, oikaistaan hitaasti taivuttaen. (Vrt. kuva 5).

Puutteelliseksi jääneen tai sointikokeessa epäilyttävän hitsin saa korjata pienahitsillä, jonka  $a \geq 5$  mm, jos pultin halkaisija on 20 mm ja  $a \geq 6$  mm, jos halkaisija on 22 mm. Pienahitsin tulee ympäröidä vaarnapultti kokonaan. Korja-ushitsauksesta pitää tehdä kohdassa 3.6.1 tarkoitettu hit-saussuunnitelma.

Pienahitsillä kiinnitettyjä vaarnapultteja koskevat samat laatuvaatimukset kuin tapitushitsattuja pultteja.

Tarkastuksen tulokset kirjataan tarkastuspöytäkirjaan, jo-ka liitetään laaturaporttiin.



Kuva 5. Lyöntikokeen suoritus ja taivutusmenetelmä niiden tappien osalta, jotka eivät saa jäädä vinoon.

A.1 7.5.13 Kolopiena- ja tulppahitsien reikien mitat

Tulppahitsin saa tehdä vain sitä ennen tehdyn kolopienahitsin päälle. Reikien ja hitsien mitat esitetään aina sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Siltarakenteissa ei yleensä käytetä kolopiena- ja niiden päälle hitsattuja tulppahitsejä muuten, kuin ilmatiiviiksi tehtävien rakenneosien sulkemisessa.

A.2 7.5.13 Sallitaanko tulppahitsit ilman edeltäviä kolopienahitsejä

Siltarakenteissa käytetään kolopienahitsejä vain poikkeustapauksissa. Tällöin noudatetaan standardin SFS-EN 1090-2 kohtaa 7.5.13.

OPASTAVIA TIETOJA Sekundääristen, ei-kantavien rakenteiden kokoonpanoissa tulppahitsit ilman niitä edeltäviä kolopienahitsejä voidaan sallia menetelmäkokeiden perusteella.

A.1 7.5.14.1 Kaaripistehitsien pienin näkyvä leveys

Siltarakenteissa ei käytetä kaaripistehitsejä kuin sekundäärisissä osissa. Kaaripistehitsien pienin näkyvä leveys esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Kaaripistehitsi tarkoittaa normaalia pistehitsiä, jolla liitetään ohutlevyjä toisiinsa tai runkoihin; levynvahvuuden rajoitukset, ks. standardin SFS-EN 1993-1-3 kohta 8.5.

A.2 7.5.14.1 Hyväksytäänkö hitsausaluslaatat ruostumattomille teräksille

Hitsausaluslaattoja ei käytetä siltarakenteissa.

OPASTAVIA TIETOJA Silloissa ruostumattomia teräksiä käytetään yleensä vain sekundäärisissä rakenteissa.

Hitsausaluslaattojen käyttö korroosiorasituksen alaiseksi joutuvassa rakenneosassa lisää rakokorroosion riskiä.

A.1 7.5.15 Muita hitsityyppejä koskevat vaatimukset

Kun hitsi tehdään muuhun tarkoitukseen kuin voiman siirtämiseksi, hitsille esitetään tarkastus- ym. vaatimukset sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Jos kotelot käsitellään sisäpuolelta korroosionestokäsittelyllä hitsauksen jälkeen, ei hermeettisyyttä yleensä tarvitse tarkastaa. Tällaiset kotelot tulee varustaa suljetta- villa tarkastusaukoilla (ks. standardin SFS-EN 1090-2 kohta 10.6).

## LIVI 7.5.16 Hitsauksen aiheuttamien muodonmuutosten ehkäiseminen

Hitsauksen aiheuttamia muodonmuutoksia ehkäistään esitaivutuksella tai muilla sopivilla toimenpiteillä.

Rakenneosien paikallista lämmittämistä voidaan käyttää hyväksi hitsauksesta aiheutuvien muodonmuutosten ja jännitysten vähentämisessä. Käytettäessä standardin SFS-EN 10025-4 mukaisia teräksiä, tulee huolehtia, ettei kriittistä lämpötilaa ylitetä.

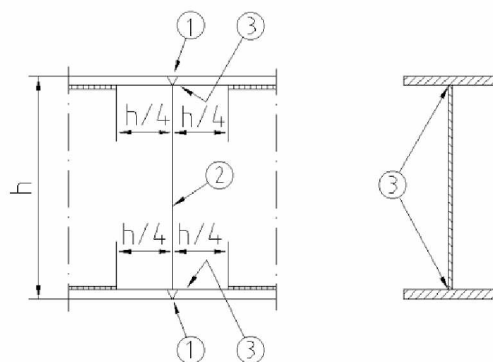
## LIVI 7.5.17 Hitsausjärjestys

Hitsausjärjestys valitaan sellaiseksi, että hitsausliitokset täyttävät niille asetetut laatuvaatimukset ja että rakenneosiin ja rakenteisiin ei synny lujuuden tai käytön kannalta haitallisia jännityksiä eikä muodonmuutoksia.

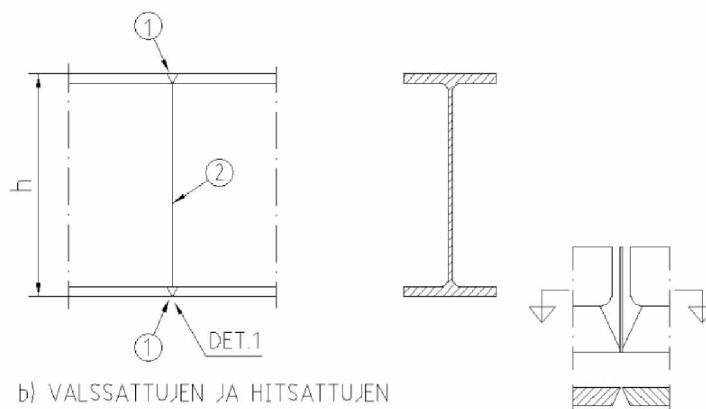
Hitsausjärjestys suunnitellaan sellaiseksi, että rakenne saavuttaa lopullisen jäykkyytensä mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa, jolloin hitsien kutistumisesta aiheutuvat sisäiset jännitykset jäävät yleensä pieniksi valmiissa rakenteissa.

OPASTAVIA  
TIEETOJA Palkin jatkoksen hitsausjärjestykseksi suositellaan kuvassa 6 esitettyjä tapoja.





a) PALKKILOHKOJEN LIITOS



b) VALSSATTUJEN JA HITSATTUJEN  
PALKKIEN JATKOS

Hitsausvaihe 1. Laipat hitsataan noin 1/3 hitsin lopullisesta tilavuudesta  
Hitsausvaihe 2. Uuman ja laippalevyjen liitokset hitsataan valmiiksi mahdollisimman tasaisesti jännitysten tasaamiseksi.  
Hitsausvaihe 3. Uuman ja laipan hitsien jäähtyttyä tehdään hitsaamatta jätetyt kaulahitsit.

Kuva 6. Suositeltava tapa I-palkin hitsausjärjestykseksi.

A.1 7.5.17 Valmiiden hitsien pinnan hiomista ja viimeistelyä koskevat vaatimukset

Laippojen päittäishitsit hiotaan peruslevyn pinnan tasoon aina 50 mm:n matkalta laipan reunasta ja uuman kohdalta. Laippojen ja uuman jatkoshitsit hiotaan aina levyn pinnan tasoon hitsin kanssa risteävien rakenneosien (uuma, jäykiste tms.) kohdilta.

Kaikki muut hiottavat hitsien pinnat esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

Hiottavaksi määrättyjen hitsien suunnitelman mukaisten mittojen tulee täytyä hionnan jälkeen.

Hitsejä koskevien vaatimusten tulee vastata vähintään suunnittelussa tehtyjä oletuksia.

OPASTAVIA Työntöasennettavien teräsrakenteiden liukupintojen hitsit  
 TIETOJA tulee hioa pinnan tasoon.

Hionnalla on mahdollista korottaa liitoksen väsytykestävyyttä.

### 3.6.4 Hitsien hyväksymiskriteerit

A.1 7.6 Hitsien geometriaa ja muotoa koskevat lisävaatimukset

Hitsausvirhetyypin "jyrkkä liittymä" (505) ja osalta noudatetaan standardin SFS-EN ISO 5817 mukaisia raja-arvoja. Samoin MT-tarkastettavien hitsiliitosten osalta noudatetaan virhetyypin "mikroliitosvirhe" (401) raja-arvoja.

Muut hitsien geometrialle tai muodolle asetettavat lisävaatimukset esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA Vaatimukset voivat koskea esim. väsytykestävyyttä heikentävien vikojen poistoa, jotta standardin SFS-EN 1993-1-9 mukaiset mitoituksen edellytykset toteutuvat.  
 TIETOJA

### 3.6.5 Ruostumattomien terästen hitsaus

A.2 7.7.1 Voidaanko lämpötilan mittaamiseen käyttää muita menetelmiä kuin kontaktipyrometria

Lämpötilan mittaamiseen käytetään kontaktipyrometria tai optista pyrometria.

OPASTAVIA Lämpötilan mittauksessa käytettävät menetelmät voidaan esittää hitsausohjeissa. Käytettävän menetelmän on oltava luotettavaksi osoitettu.  
 TIETOJA

Esikuumennuslämpötilan, välipalkolämpötilan ja ylläpitolämpötilan mittausta koskevat vaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN ISO 13916.

A.1 7.7.2 Pinnan viimeistely ruostumattomien terästen hitsausvyöhykkeillä

Hitsin pinnan kuona ja muu irtoava aines poistetaan aina teräsharjaamalla tai tarvittaessa karkealla hionnalla. Tämän jälkeen hitsausvyöhykkeen pinta voidaan puhdistaa raepuhalluksella lasikuulia, ruostumaton teräs- tai muita soveltuvia puhdistusrakeita käyttäen. Lopuksi pinta peitataan kohdistetusti tahnalla tai upottamalla peitattava kappale kokonaan peittausliuokseen.

OPASTAVIA Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritel-  
 TIETOJA män laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

- A.2 7.7.2 Vaaditaanko hitsauksen aikana syntyneet värilliset oksidikalvot poistettaviksi ruostumattomista teräksistä

Silloissa ruostumattomia teräksiä käytetään yleensä vain sekundäärisissä rakenteissa.

Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritel-  
män laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

OPASTAVIA TIETOJA Lähteessä Ruostumattomat teräket ja niiden hitsaus, Ky-  
röläinen, Lukkari, 2002 on esitetty arvio hitsin käsittelyme-  
netelmien vaikutukselle korroosionkestävyyteen.

- A.2 7.7.2 Voidaanko kuona jättää poistamatta

Kuona poistetaan.

OPASTAVIA TIETOJA Pinnalle jäänyt kuona voi muodostaa korroosionydintymis-  
kohdan aggressiivisessa ympäristössä.

- A.2 7.7.2 Sallitaanko kuparisen juurituen käyttö ruostumattomille teräksille

Silloissa ruostumattomia teräksiä käytetään yleensä vain sekundäärisissä rakenneosissa. Kuparisen juurituen käyt-  
töä ei sallita.

OPASTAVIA TIETOJA Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta  
'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritel-  
män laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

- A.1 7.7.3 Ruostumattomien terästen hitsaamista erilaisiin ruostumattomiin teräksiin ja muihin metalleihin koskevat vaatimukset

Hitsauslisäaineet ja -menetelmät valitaan eripariliitoksille siten, että liitosalueen korroosio- ja mekaaninen kestävyys eivät hitsauksen aiheuttaman liitosalueen mikrorakenteen muutoksen johdosta vaarannu.

Hitsaukselle tulee olla voimassa oleva hitsausohje (WPS).

Menetelmäkokeen perusteella hyväksytyt hitsauslisäaineet ja -menetelmät esitetään hitsausohjeissa.

OPASTAVIA TIETOJA Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta  
'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritel-  
män laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

## 3.7 Mekaaninen kiinnittäminen (SFS-EN 1090-2, luku 8)

### 3.7.1 Yleistä

LIVI 8.1 Liitospintojen pintakäsittely tehdään rakennussuunnitelman mukaan.

OPASTAVIA TIETOJA Ellei toteutuseritelmässä muuta vaadita, maalataan kitkaliitosten liitospinnat hyväksyttävällä sinkkisilikaattimaalilla, jonka kerrospaksuus on 50...80 µm. Liitospinnat voivat olla myös kuuma- tai ruiskusinkittyjä.

### 3.7.2 Ruuvikokoonpanot

A.2 8.2.1 Vaaditaanko muttereiden varmistamiseen kiristämisen lisäksi muita menetelmiä

Esijännittämättömille standardin SFS-EN 15048-1 mukaisille ruuvikokoonpanoille (luokat A ja D) edellytetään kiristämisen lisäksi aina mutterin varmistaminen kierteet lysmistämällä, lukitusaluslevyllä, lukkomutterilla tai toisella mutterilla pysyvissä sillan rakenteissa. Lukitustapa esitetään aina sillan rakennussuunnitelmassa. Jos ruuvit ovat kuumasinkittyjä, lysmistäminen ei ole sallittua.

Ruuvien ja muttereiden hitsaamalla lukitseminen ei ole sallittua.

A.2 8.2.1 Vaaditaanko esijännitetyissä ruuvikokoonpanoissa lisälukitusvälineitä

Esijännitettävälle ruuvikokoonpanoille kiristämisen lisäksi ei tarvita muita varmistamismenetelmiä (luokat B, C ja E).

OPASTAVIA TIETOJA Jos esijännitetyissä ruuvikokoonpanoissa vaaditaan varmistamismenetelmiä esim. poikkeuksellisten dynaamisten vaikutusten vuoksi, ne esitetään rakennussuunnitelmassa.

A.2 8.2.1 Voidaanko ruuveja ja muttereita hitsata

Hitsausta ei saa käyttää mekaanisten liitososien tilapäiseenkin kiinnitykseen.

OPASTAVIA TIETOJA Mikäli kierteelliset rakenneosat tehdään hitsattavasta teräslaadusta, voidaan niitä hitsata hitsausohjeen (WPS) edellyttämällä tavalla.

## Ruuvit

- A.1 8.2.2 Muotosauvojen ja muotolevyrakenteiden kiinnittimien vähimmäishalkaisijat

Kiinnikkeinä käytettävien ruuvien halkaisijat esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Teräsohutlevyjä käytetään silloissa vain sekundäärisissä rakenteissa tai valumuottina.

Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritelmän laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

- A.1 8.2.2 Ruuvien mitat, kun leikkauskestävyys lasketaan varren kierteettömän osan perusteella

Ruuvien mitat esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Kun ruuvien leikkauskestävyys lasketaan kierteettömän ruuvien varren mukaan, ruuvien kierteellisen varren osan pituus reunapuristuksen alaisessa reiän pinnassa saa olla enintään  $\frac{1}{3}$  liitettävän levyn paksuudesta (ks. standardin SFS-EN 1993-1-8 kuva 3.2).

Edellä mainittua  $\frac{1}{3}$ -osaa koskevaa sääntöä sovelletaan siten, että kierteen pituustoleranssit otetaan huomioon. Standardi SFS-EN 1993-1-8 koskee ruuveja, joiden halkaisija on vähintään M12.

- A.2 8.2.2 Voidaanko rakenteellisissa ruuviliitoksissa käyttää ruuveja, joiden nimellishalkaisija on pienempi kuin M12

Siltojen kantavien rakenteiden ruuviliitoksissa ei saa käyttää M12 pienempiä ruuveja. Sekundääristen rakenneosien ruuvien halkaisijat esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Standardi SFS-EN 1993-1-8 koskee ruuveja, joiden halkaisija on vähintään M12.

## Aluslaatat

- A.1 8.2.4 Pidennettyjen tai ylisuurten reikien yhteydessä käytettävien levyaluslaattojen mitat ja teräslajit

Aluslaattojen mitat, muoto ja teräslaatu esitetään sillan rakennussuunnitelmassa

**OPASTAVIA TIETOJA** Sovelletaan standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 5.6 määritelmiä ja ohjeita.

Määrittely tehdään standardien SFS-EN ISO 898-1 ja SFS-EN 20898-2 mukaisesti.

Ruuvien aluslaattojen tulee olla yleensä samasta tai lujemmasta materiaalista kuin liitoksen ruuvit ja mutterit tai aluslaatat mitoitetaan hankekohtaisesti. Aluslaattojen valinnassa tulee ottaa huomioon:

- aluslaatan reiän halkaisija tulee yleensä olla 1 mm ruuvin halkaisijaa suurempia;
- aluslaatan muoto tulee pidennettyjen tai ylisuurten reikien tapauksessa valita siten, että aluslaatan ja kiinnitettävän osan välinen kosketuspinta on ruuvien sijainnista riippumatta aina vähintään yhtä suuri kuin valitun ruuvin normaali kosketuspinta-ala liitettävään levyyn, kun aluslaattaa ei käytetä;
- pidennettyjen ja ylisuurten reikien yhteydessä käytettävien aluslaattojen paksuus pitää mitoittaa siten, että aluslaatta kestää myös siihen syntyvän taivutusrasituksen (standardin SFS-EN 1090-2 mukaan paksuuden tulee olla vähintään 4 mm).

**A.1 8.2.4 Levymäisten aluslaattojen mitat ja teräslajit**

Aluslaattojen mitat, muoto ja teräslaji esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

**OPASTAVIA TIETOJA** Levymäisten aluslaattojen mitat valitaan hankekohtaisesti, ja materiaalit valitaan samojen periaatteiden mukaisesti kuin normaaleissa ruuviliitoksissa.

**A.1 8.2.4 Vinoaaluslaattojen mitat ja teräslajit**

Aluslaattojen mitat, muoto ja teräslaji esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

**OPASTAVIA TIETOJA** Vinoaaluslaattojen mitat valitaan hankekohtaisesti, ja materiaalit valitaan samojen periaatteiden mukaisesti kuin normaaleissa ruuviliitoksissa.

**A.2 8.2.4 Vaaditaanko aluslaattoja käytettäväksi esijännittämättömissä ruuviliitoksissa**

Käytettäväksi vaaditut aluslaatat esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Tarpeen vaatiessa esitetään myös aluslaattojen mitat, teräslaji ja kovuus sekä noudatettava standardi.

Esijännittämättömissä ruuviliitoksissa käytetään mutterin alla aluslaattaa. Aluslaattaa tulee käyttää myös ruuvin kannan alla, jos reiän reunoja ei ole pyöristetty tai kiristäminen voidaan joutua tekemään kannan puolelta.

**OPASTAVIA TIETOJA** Jos on epävarmaa kiristetäänkö liitos ruuvin kannan vai mutterin puolelta, käytetään aluslaattaa aina kummankin alla.

Aluslaattojen käyttöä koskevia ohjeita on esitetty myös standardin SFS-EN 1993-1-8 kohdissa 3.6.1 (10 ja 11).

### 3.7.3 Esijännittämättömien ruuvien kiristäminen

#### LIVI 8.3 Esijännittämättömien ruuvien kiristysaste

Ellei rakennussuunnitelmassa muuta vaadita, kiristuksen jälkeen ruuvien kierteistetyllä osalla (jännityspoikkipinnalle) lasketun jännityksen on oltava n. 60–70 % ruuvin myötöjännityksestä ja kaikissa liitoksen ruuveissa sama kiristysaste.

Taulukon 1 mukaisesti rasvatuilla kierteillä tämä vaatimus saavutetaan taulukossa annetuilla kiristysvääntömomentin arvoilla. Muulla tavalla käsitellyille ruuveille kiristämisen vastaavat ohjearvot määritetään kokeilla, joilla osoitetaan, että taulukon 1 mukainen esijännitysvoima saavutetaan. Taulukon arvoja käytettäessä tulee ruuvikokoonpanojen olla standardin SFS-EN 15048-1 mukaisia.

*Taulukko 1. Esijännittämättömän ruuviliitoksen ja soviteruuviliitoksen ruuvien (lujuusluokat 8.8 ja 10.9) vaaditut esijännitysvoimat ja vastaavat kiristysvääntömomentit, kun mutterit on käsitelty molybdeenisulfidi- tai vastaavalla rasvalla.*

Nimellishalkaisija, mm	Esijännitysvoima, kN		Kiristysvääntömomentti, Nm	
	8.8	10.9	8.8	10.9
12	35	50	70	100
16	70	100	170	250
20	110	160	300	450
22	130	190	450	650
24	150	220	600	800
27	200	290	900	1250
30	245	350	1200	1650
36	355	510	2100	2800

**OPASTAVIA TIETOJA** Toimitustilassa - tavallisesti kevyesti öljyttyinä - pultin sisäinen kitka vaihtelee paljon. Pienempään hajontaan voidaan päästä käsittelemällä kierteet soveltuvilla voiteluaineilla. Mehiläisvahaa ei suositella käytettäväksi mutteri- en voiteluun, koska taulukon 1 mukaisilla kiristysvääntö- momenteilla saavutetaan ruuvien myötörajan ylittäviä jännityksiä. Mehiläisvahaa käytettäessä täytyy kiristys- vääntömomentit määrittää ennakkokokeilla.

**A.2 8.3 Vaaditaanko täyttä kosketusta**

Täyttä kosketusta edellyttävät pinnat esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Tämä vaatimus esitetään yleensä vain kosketuspinnoin, joita kuormitetaan ulkoisilla kuormilla kohtisuoraan pintaa vastaan (kohta 6.8)

**OPASTAVIA TIETOJA** Standardin SFS-EN 1090-2 kohta 8.3 tarkoittaa tapauksia, joissa levyjen kosketuspinnat puristetaan vastakkain ruuveilla, mutta pääasialliset ulkoiset voimat vaikuttavat levyjen suunnassa.

**3.7.4 Kosketuspintojen valmistelu liukumisen kestävässä kiinnityksissä**

**A.1 8.4 Liitospintoja koskevat vaatimukset ruostumattomien teräsrakenteiden liukumisen kestävässä liitoksissa**

Liitospinnan koko ja käsittely esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

**OPASTAVIA TIETOJA** Kitkakerroin määritetään standardin SFS-EN 1090-2 liitteen G mukaisesti.

**A.1 8.4 Kosketuspintojen alueet esijännitettävissä liitoksissa**

Esijännitettyjen ruuviliitosten sovitustarkkuus on otettava huomioon mm. osien valmistustarkkuudessa sekä hitsausjärjestystä ja kokoonpanoa suunniteltaessa.

Esijännitetyt ruuviliitokset on suojattava huolellisesti, jotta liitospinnat täyttävät yhteen liitettäessä niille asetetut vaatimukset. Tarpeen vaatiessa on kuljetuksen ja suojaustoimenpiteiden vaikutukset kitkaominaisuuksiin selvitettävä kokeilla (ks. SFS-EN 1090-2 luku 8.4).

Kitkaa heikentävien sinkkisuolojen muodostumisen estämiseksi esijännitetyn ruuviliitoksen kiristäminen on tehtävä saman työvuoron aikana kuin sinkkisilikaattimaalaus. Jos väliaika on pitempi, on sinkkisuolat poistettava pyyhkäisysuihkupuhdistuksella.

Esijännitettävien liitosten kosketuspinnat ja niiden pintakäsittely esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.



OPASTAVIA TIETOJA Esijännitettyjen ruuviliitosten toimiviksi katsottavat kosketuspinnat ovat yleensä liitoslevyjen ja liitettävien levyjen väliset kosketuspinnat. Niiden pintakäsittelyn tulee koko kosketuspinnan alueella olla mitoituksessa käytetyn kitkakertoimen edellyttämä (SFS-EN 1090-2, taulukko 18).

LIVI 8.4 Lisäykset SFS-EN 1090-2 taulukkoon 18:

Kvartsihiekan käyttöä ei suositella mahdollisten terveys-  
haittojen takia. Kvartsihiekkaa voidaan käyttää märkäpu-  
halluksessa tai kammiopuhalluksessa, tällöin käytettävän  
kvartsihiekan raekoko tulee olla 1...1.5 mm ja ilmanpaine  
vähintään 7 baaria.

Käytetään aina sinkkipohjaista maalia. Sinkkisilikaatti-  
maalissa tulee olla metallista sinkkiä vähintään 80 paino-  
% kuivakalvosta.

### 3.7.5 Esijännitettyjen ruuvien kiristäminen

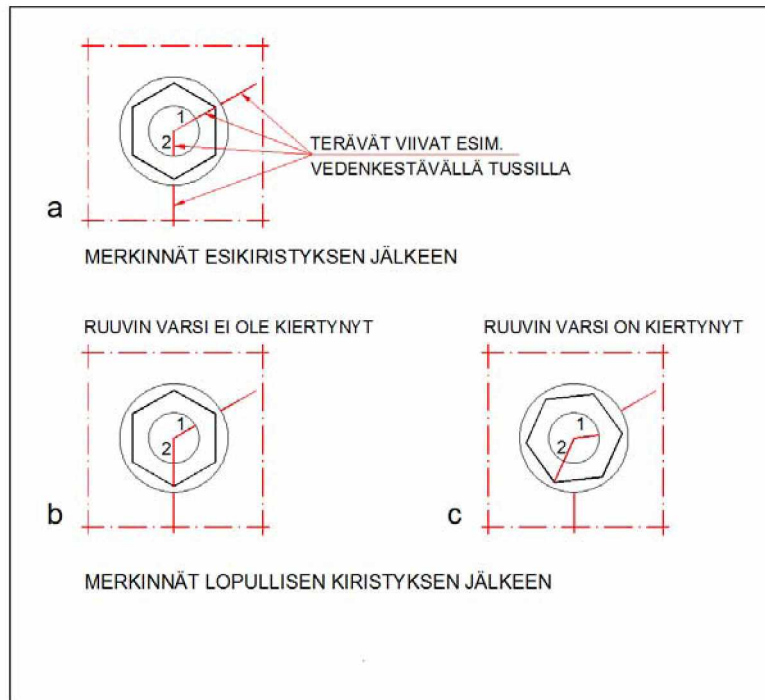
LIVI 8.5 Rautatiesilloissa kiertokulmamenetelmää ei sallita.

Kiristämistyön yhteydessä vääntynyt tai kierteiltään vahingoittu-  
nut ruuvi korvataan uudella ruuvilla ja mutterilla.

Kiristysvääntömomentit ja/tai kiertokulmat dokumentoidaan.

OPASTAVIA TIETOJA Käytettäessä yhdistettyä menetelmää suositellaan kierto-  
kulmat merkittäväksi kuvan 7 mukaisesti.

Käytäntö on osoittanut, että ruuvien pituus vaikuttaa esiki-  
ristysvoimaan ja sitä kautta kierteiden keston. Mikäli lii-  
toksessa on eripituisia ruuveja, tulee esikiristysvoima ka-  
libroida ruuvipituuden mukaan.



Kuva 7. Esimerkki kiertokulmien merkitsemiseksi.

- A.2 8.5.1 Esitetäänkö muu nimellinen esijännitysvoima ja siihen liittyvä ruuvikokoonpano, kiristysmenetelmä ja tarkastusvaatimukset
- Esijännitetyissä ruuvikokoonpanoissa ruuvien esijännitysvoima on aina  $0.7 f_{ub} A_s$ .

Ruuvikokoonpano esitetään sillan rakennussuunnitelmasa.

OPASTAVIA TIETOJA Esijännittämättömien ruuviliitosten kiristäminen tehdään taulukon 1 mukaan.

- A.2 8.5.1 Asetetaanko rajoituksia taulukon 20 mukaisten kiristysmenetelmien käytölle

Kiristysmenetelmänä käytetään standardin SFS-EN 1090-2 taulukossa 20 esitettyä vääntömomenttimenetelmää.

OPASTAVIA TIETOJA Vääntömomenttimenettely vastaa K-luokkaa K2. Valmistajan on tällöin ilmoitettava ruuvikokoonpanolle kertoimien  $k_m$  ja  $V_k$  arvo.

Sillan rakennussuunnitelmassa voidaan edellyttää jonkin muun taulukossa 20 esitetyn kiristysmenetelmän käyttöä.

K-arvon tulee vastata ruuvien toimitustilaa (ks. standardin SFS-EN 14399-1, kohta 4.3a ja taulukko 6).

- A.2 8.5.1 Sallitaanko liitteen H mukainen kalibrointi vääntömomenttimenetelmälle

- Standardin SFS-EN 1090-2 liitteen H mukainen kiristysmenetelmä sallitaan muissa kuin liukumisen kestävässä esijännitetyissä liitoksissa (B- ja C-luokka).
- OPASTAVIA TIETOJA Liitteen H mukainen menetelmä voidaan sallia vääntömomentin määrittämiseen, koska ruuvien varteen syntyvää esijännitysvoimaa ei käytetä kestävyyslaskennassa.
- A.2 8.5.1 Tuleeko ryhtyä toimenpiteisiin esijännitysvoiman mahdollisen pienenemisen korvaamiseksi
- Jos erityisiä toimenpiteitä esitysjännitysvoiman mahdollisen menetyksen kompensoimiseksi vaaditaan liukumisen kestävässä esijännitettävissä liitoksissa, ne esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.
- OPASTAVIA TIETOJA Yleensä esijännitysvoiman pienenemistä ei tarvitse kompensoida, kun liitoksen kosketuspinnat on puhdistettu standardin SFS-EN 1090-2 taulukon 18 A-luokan mukaisesti tai käsitelty taulukon 18 B-luokan mukaisesti.
- Maalikalvon paksuus esijännitettävissä liitoksissa on rajoitettu liitteessä F.4 paksuuteen 75...100 µm, mutta silloilla noudatetaan taulukon 18 B luokan b-vaihtoehdon rajoitusta 50...80 µm.
- A.2 8.5.4.a Esitetäänkö käytettäväksi jotakin muuta arvoa kuin  $M_{r,1} = 0,13 d F_{p,C}$
- Käytetään esitettyä arvoa  $M_{r,1} = 0,13 d F_{p,C}$ , Kiinnitysluokan B liitokselle. Muutoin käytetään 8.5.4a kohdan mukaista menetelmää.
- OPASTAVIA TIETOJA Toinen askel suoritetaan ruuvien halkaisijasta riippuen standardin taulukon 21 mukaisesti mutteria kierteen.
- A.2 8.5.4 Esitetäänkö käytettäväksi muita kuin taulukon 21 mukaisia arvoja
- Käytetään standardin SFS EN 1090-2 taulukon 21 mukaisia arvoja.
- OPASTAVIA TIETOJA Muita arvoja voidaan käyttää riittävään kokeelliseen näyttöön perustuen.
- A.2 8.5.5 Vaaditaanko HRC-ruuvien kiristämisen ensimmäinen vaihe toistettavaksi
- Jos ensimmäinen vaihe vaaditaan toistettavaksi, se esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.
- OPASTAVIA TIETOJA HRC-ruuveja voidaan käyttää vain, kun sillan rakennussuunnitelmassa niin vaaditaan.

HRC-ruuviliitoksissa, joissa käytetään korkealujuuksisia HRC-ruuveja ja kalibroitua esikuormitusta, ruuvit esikiristetään standardin SFS-EN 14399-10 mukaisesti.

### 3.7.6 Soviteruuvit

- A.2 8.6 Saako soviteruuvien varren kierteellisen osan pituus (kierteen pääte mukaan lukien) reunapuristusalueella olla suurempi kuin  $1/3$  levyn paksuudesta

Standardin SFS-EN 1090-2 mukaista arvoa  $1/3$  levyn paksuudesta ei saa ylittää.

OPASTAVIA TIETOJA Mikäli standardin SFS-EN 1090-2 mukainen arvo ylitetään, tämä otetaan mitoituksessa huomioon.

### 3.7.7 Kuumaniittaus

- A.2 8.7.2 Vaaditaanko uppokantaniiteiltä tasaista pintaa

Uppokantaniittejä ei käytettä siltarakenteissa. Korjauskohteissa vanhat niitit korvataan yleensä vastaavilla soviteruuveilla.

OPASTAVIA TIETOJA Mikäli poikkeuksellisesti käytetään uppokantaniittejä, taseisen pinnan vaatimus esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

- A.2 8.7.3 Vaaditaanko, että uloimmissa levyissä ei saa olla niittauslaitteen aiheuttamia painaumuksia

Uppokantaniittejä ei käytettä siltarakenteissa.

### 3.7.8 Ohutlevykokoonpanojen kiinnittäminen

- A.2 8.8.2 Voidaanko ohutlevyrakenteiden kiinnittimiä sijoittaa muualle kuin poimun pohjiin

Muotolevyn kiinnitys alustarakenteeseen tehdään poimun pohjasta.

OPASTAVIA TIETOJA Yleensä kierteittäviä ja porautuvia ruuveja käytetään vain sekundäärisissä rakenneosissa tai valumuoteissa.

- A.1 8.8.4 Vaatimukset rakenteellisina kiinnittiminä käytettäville sivulimitysten kiinnittimille

Kiinnittimen tyyppi, halkaisija ja sijainti esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Käytettävillä kiinnittimillä tulee olla asianmukainen tuotehyväksyntä.

OPASTAVIA TIETOJA Ohutlevyjen sivulimityksiä käytetään vain siltojen sekundäärisissä osissa tai valumuoteissa.

Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritel-  
män laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

### 3.7.9 Erityiskiinnittimien ja -kiinnitysmenetelmien käyttö

#### A.1 8.9 Erityiskiinnittimille ja -kiinnitysmenetelmille vaadittavat kokeet

Erityiskiinnittimen tulee olla voimassa olevan asianmukai-  
sen tuotehyväksynnän mukainen tai vaatimusten mukai-  
suus esitetään hankekohtaisesti. Erityiskiinnittimet ja nii-  
hin liittyvät kiinnitysmenetelmät esitetään yksityiskohtai-  
sesti sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA Jos kiinnittimet tai kiinnitysmenetelmät suunnitellaan  
TIETOJA kohdekohtaisesti, niille tulee tehdä tarpeen mukaan kuor-  
mituskokeet, joiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon  
seuraavia seikkoja:

- Yksittäisen kiinnittimen kuormituskestävyys ja sen riippuvuudet kiinnikkeen mitoista ja muodosta,
- Yksittäisistä kiinnittimistä muodostettavien liitosten muodot,
- Liitoksen kuormitustavat ja kuormitusten vaihtelu käytännön tapauksissa,
- Liitoksen alkujäykkyys ja toimintatapa (voima-  
siirtymä-kuvaaja),
- Liitoksen tai kiinnityksen kuormituskestävyys (murtorajatilassa),
- Liitoksen muodonmuutoskyky ja sitkeysominais-  
suudet,
- Liitoksen mahdolliset murtumistavat ja niihin liit-  
tyvät ehdot
- Liitoksen väsytykestävyys

Rakennekokeiden tuloksista johdetaan kiinnittimeen tai  
kiinnitysmenetelmään liittyvät mitoitusarvot.

#### A.1 8.9 Kuusioinjektoruuvien käyttöä koskevat vaatimukset

Kuusioinjektoruuvien käyttöä koskevat vaatimukset esite-  
tään yksityiskohtaisesti sillan rakennussuunnitelmassa  
hankekohtaisesti.

OPASTAVIA Kuusiokantaisten injektoruuvien käyttöä koskevia ohjeita  
TIETOJA on esitetty standardin SFS-EN 1090-2 liitteessä K. Lisätie-  
toja esitetään julkaisussa European Recommendations for  
Bolted Connections with Injection Bolts, ECCS Publication  
No. 79, 1994, 41 s.

## 3.8 Asennus (SFS-EN 1090-2, luku 9)

### 3.8.1 Yleistä

- LIVI 9.1 Asennussuunnitelma laaditaan tämän ohjeen lukujen 2.7 ja 3.2 mukaisesti.

Rakenne ja siltapaikka puhdistetaan asennustyön jäljiltä InfraRYL kohdan 42001.7 ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti.

Rakenneosien käsittelyssä otetaan huomioon standardin SFS-EN 1090-2 luvussa 6.3 sekä tämän ohjeen kohdassa 3.5 esitetyt asiat.

### 3.8.2 Rakennusolosuhteet

- LIVI 9.2 Työolosuhteet tehdään sellaisiksi, että liitosten vaadittu laatutaso voidaan varmuudella saavuttaa ja tarkastuksin luotettavasti todeta, tarvittaessa käytetään apuna suojauksia ja apulaitteita.

### 3.8.3 Mittaus

- A.1 9.4.1 Viitelämpötila mittojen asettamiselle työmaalla ja teräsrakenteiden mittauksille

Teräsrakenteiden mitat suunnitellaan ja rakenteet mitoite-  
 taan (pituusmitat) käyttäen viitelämpötilan arvoa  $T_o = +20\text{ °C}$ .

OPASTAVIA TIETOJA Sillan rakennussuunnitelmassa voidaan esittää käytettä-  
 väksi muutakin viitelämpötilaa.

Katso myös standardin SFS-EN 1090-2 kohta 12.7.3.1.

### 3.8.4 Tuet, ankkurointi ja laakerit

- LIVI 9.5 Tukireaktioiden mittaus

Laakereiden asennushetkellä vääntöjäykkien kotelo- ja arinarakenteiden osalta mitataan tukireaktiot ennen laakereiden kiinnivalamista. Mittaustulosten perusteella määritetään laakereiden oikeat korkeusasemat. Mittaukset määritetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Mittaustuloksia tulkittaessa on huomattava, että rakenne-  
 osien välisillä ja sisäisillä lämpötilaeroilla on vaikutusta tukireaktioihin. Tämän vuoksi mittaus on syytä tehdä silloin, kun lämpötilaerot ovat tasoittuneet, esim. pilvisellä säällä.

- A.2 9.5.3 Kielletäänkö tukien painumien korvaaminen

Tukien painumien korvaaminen käsitellään aina hankekohtaisesti ja suunnitelma korjaamisesta hyväksytetään rakennussuunnittelijalla.

- |  |  |                      |  |
|--|--|----------------------|--|
|  |  | OPASTAVIA<br>TIETOJA | Tukien mahdolliset painumat tulee aina korvata joko tasausmuttereilla, juotosvalulla tai sopivan kokoisilla sovitapaloilla, jotka voidaan jättää laakerien alustavaluun. |
|--|--|----------------------|--|
- A.2 9.5.4 Vaaditaanko pohjalevyn alapuoliset tasausmutterit poistettaviksi
- Pohjalevyn alapuolisia tasausmuttereita ei tarvitse poistaa, ellei sillan rakennussuunnitelmassa ole sitä erikseen vaadittu.
- |  |  |                      |   |
|--|--|----------------------|---|
|  |  | OPASTAVIA<br>TIETOJA | Mikäli pohjalevyn alapuoliset tasausmutterit vaaditaan poistettaviksi, menetelmä tulee esittää (esim. muovimutterit). |
|--|--|----------------------|---|
- A.2 9.5.4 Vaaditaanko juotosvaluun jäävät lisälevyt sijoitettavaksi siten, että ne eivät tule kokonaan juotosvalun sisään
- Juotosvalun tulee peittää lisälevyt vähintään 40 mm paksuudella.
- |  |  |                      |  |
|--|--|----------------------|--|
|  |  | OPASTAVIA<br>TIETOJA | Juotosvaluun jäävät lisälevyt tulee muotoilla siten, että ne voivat jäädä kokonaan juotosvalun sisään. Mikäli perustusta joudutaan myöhemmin muuttamaan tai korjaamaan siten, että lisälevyt tulevat näkyviin, juotosvalu tulee uusaa. |
|--|--|----------------------|--|
- A.2 9.5.4 Voidaanko täytelevyt jättää paikoilleen silloissa
- Lisälevyt voidaan jättää paikoilleen, ellei sillan rakennussuunnitelmassa niitä vaadita poistettavaksi. Paikoilleen jätettävien lisälevyjen pitää olla tukipinnaltaan koko laakerin suuruisia ja niin sijoitettuja, etteivät ne aiheuta haitallisia rasituksia laakeriin.
- |  |  |                      |  |
|--|--|----------------------|--|
|  |  | OPASTAVIA<br>TIETOJA | Tarpeen vaatiessa laakeriin syntyvät jännitykset tulee osoittaa laskelmin.   |
|  |  |                      | Poikettaessa yllä esitetystä lisälevyjen määrityksistä tulee lisälevyjen sijainti ja koko täytyy varmistaa laakeritoimittajalta sekä hyväksyttää tilaajalla. |
- A.1 9.5.5 Pohjalevyn reunojen tiivistysmenetelmä, jos juotosvalua ei tarvita
- Pohjalevyn alapinta tiivistetään reuna-alueiltaan epoksihartsilla.
- |  |  |                      |   |
|--|--|----------------------|---|
|  |  | OPASTAVIA<br>TIETOJA | Sillan rakennussuunnitelmassa voidaan koko pohjalevyn alue vaatia injektoitavaksi epoksilla. Tällöin myös pohjalevyyn injektointia varten tehtävät reiät esitetään sillan rakennussuunnitelmissa. |
|--|--|----------------------|---|

- A.2 9.5.5 c Vaaditaanko juotosaineen sullomista ja pakottamista kunnolla kiinnitettyjä tukia vasten

Juotosaineen tiivistäminen tulee tapahtua aineen valmistaja ohjeiden mukaan.

OPASTAVIA TIETOJA Jos juotosmassaa ei voida valaa, on aine sullottava paikoilleen niin, ettei alustan ja pohjalevyn väliin jäärajoja tai tyhjiä tiloja. Tässäkin tilanteessa on noudatettava juotosmassan valmistajan ohjeita.

- A.2 9.5.5 Vaaditaanko teräsrakenteiden, tukien tai betonipintojen käsittelyä ennen juotosvalua

Teräksisten pohjalevyjen ja muiden betonia, vasten tulevien pintojen käsittelyssä noudatetaan kohdan 3.9.6 kuvan 2 mukaisia ohjeita.

OPASTAVIA TIETOJA Sillan rakennussuunnitelmassa voidaan kuitenkin esittää pohjalevyn alapinta käsiteltäväksi kohdan 3.9.6 kuvan 3 mukaisesti.

Ennen jälkivalua valettava tila tyhjennetään; vedestä, jäätystä, jätteistä ja roskista sekä muista epäpuhtauksista. Pohjalevyn pohjasta poistetaan sinne mahdollisesti kertynyt ruoste ennen pilarin tai laakerin asennusta.

Standardissa SFS-EN 13670 esitetään ohjeita juotosvalusta.

- A.2 9.5.6.2 Vaaditaanko korkeissa rakenteissa jännityksen poistamista jäykistävästä rakenteista asennuksen edetessä

Jännityksen poistamista ei tarvitse tehdä ellei sitä erikseen vaadita sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Mikäli jännityksen poistaminen edellytetään tehtäväksi, tarpeelliset työohjeet, mittaukset ja muut yksityiskohdat esitetään sillan rakennus- ja/tai asennussuunnitelmassa.

### 3.8.5 Asentaminen ja työskentely työmaalla

- LIVI 9.6.3 Talviolosuhteiden huomioon ottaminen

Veden kerääntyminen koteloihin ja liitoksiin lisää korroosion vaaraa, lisäksi talvella jää voi halkaista rakennosia tai aiheuttaa niihin pysyviä muodonmuutoksia.

Materiaalien varastointi tulee toteuttaa valmistajan ohjeiden mukaisesti. Esimerkiksi hitsauslisäaineet ja maalit tulee säilyttää riittävän lämpimissä ja kuivissa tiloissa.



Liukastumisten estämiseksi tulee kulkureitit ja työskentelyalueet pitää puhtaana lumesta ja jäältä sekä hiekoittaa tarpeen mukaan.

Koneiden ja laitteiden jäätymisriski (esim. hydraulikka) tulee ottaa huomioon työsuunnittelussa niin, että mahdollisilta vaaratilanteilta välttyään.

A.2 9.6.5.3 Voidaanko täytelevyinä käyttää muita kuin teräslevyjä

Täytelevyinä voidaan käyttää vain teräslevyjä.

OPASTAVIA TIETOJA Täytelevyjen paksuudet valitaan siten, että niiden lukumäärä rajoittuu korkeintaan kolmeen.

## 3.9 Pintakäsittely ja korroosionesto (SFS-EN 1090-2, luku 10 + liite F)

### 3.9.1 Yleistä

LIVI 10.1 Pintakäsittelyn laatusuunnitelma laaditaan standardin SFS-EN 12944-8 ja tämän ohjeen mukaisesti. Rakenne jaetaan työalueisiin (ks. luku 3.2.1 ja *liite 2*). Työalueet tulee esittää laatusuunnitelmasa.

Uusien siltojen pinnoitteessa ei saa olla viiden (5) vuoden kuluttua merkkejä ruostumisesta eikä muitakaan silmin havaittavia vikoja.

Pinnoitteen on värisävyltään ja muilta ulkonäköön vaikuttavilta ominaisuuksiltaan oltava erityisesti näkyviltä (edustavilta) pinnoitetaan tasalaatuinen.

Muut pinnoitusmenetelmät kuin maalaus, kuumasinkitys ja ruiskusinkitys voivat tulla kysymykseen, jos ne on määrätty rakennussuunnitelmassa tai ne kuuluvat rakennusaineiden ja tarvikkeiden normaaliin toimitustilaan. Kysymyksessä voi olla myös tilapäisuojaus.

Sillan kaikki maalikerrokset voidaan maalata konepajalla siltapaikkaluokissa III ja IV, jolloin siltapaikalla maalataan mahdollisesti tarvittavat asennusjatkosten alueet sekä asennuksen aikana aiheutuneet vauriot maalipinnoille. Siltapaikkaluokissa I ja II maalataan pintamaalikerros aina työmaalla kokonaisuudessaan. Kuljetuksen ja asennuksen aikana aiheutuneet vauriot maalipinnoilla korjataan SILKO-ohjeen 1.351 mukaisesti. Urakka-asiakirjoissa ja rakennussuunnitelmassa voidaan esittää myös muita vaatimuksia pintakäsittelyn suhteen.

Ruostumattomien ja haponkestävien terästen hitsauksessa käytetään sellaisia hitsauslisäaineita ja teräspinnat käsitellään siten, että korroosiota ei pääse tapahtumaan. Hitsisaumat hiotaan tai peitataan korroosionkestävyyden varmistamiseksi.

A.1 10.1 Tietyn pinnoitusmenetelmän käytöstä johtuvat vaatimukset

Maalausjärjestelmien, termisen ruiskutuksen ja kuumasinkityksen asettamat vaatimukset teräspinnoille esitetään standardin SFS-EN 1090-2 kohdassa 10.1 luetelluissa standardeissa sekä tässä ohjeessa.

OPASTAVIA TIETOJA Muut vaatimukset esitetään tarvittaessa sillan rakennussuunnitelmassa.

Mikäli valittu suojausjärjestelmä vaatii erillisvaatimuksia tai menetelmälle ei ole olemassa asianmukaista standardia, nämä vaatimukset esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

A.2 10.1 Vaaditaanko korroosionestoa

Menettely rakenteen suojaamiseksi korroosiolta esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Suojausta korroosiota vastaan ei vaadita seuraavissa tapauksissa:

- työnaikaisissa tai muissa tilapäisissä rakenteissa, joiden suunniteltu käyttöikä on lyhyt (korkeintaan yksi vuosi),
- teräsputkipaaluissa, joiden mitoituksessa rakenteessa suunnitellun käyttöiän aikana tapahtuva korroosio on otettu huomioon.

### 3.9.2 Teräsalustan esivalmistus

LIVI 10.2 Esikäsittelytyö tehdään työsuunnitelmassa määritellyllä tavalla vaadittuun esikäsittelyasteeseen. Esikäsittelyaste ja esikäsittelyyn kuuluvat toimenpiteet määräytyvät käsiteltävien pintojen ominaisuuksien sekä pinnoitejärjestelmän maalien asettamien vaatimusten perusteella.

OPASTAVIA TIETOJA Esikäsittelyjen osalta on tärkeää erottaa

1. terästyön laatuaste (esim. hitsien pinnan laatu ja pintavirheet) ja
2. pintakäsiteltävän pinnan esikäsittely (esim. suihkukupuhdistusaste).

Ensin mainitulle on laatuvaatimukset esitetty standardissa SFS-EN ISO 8501-3 taulukossa 1 (P1 = kevyt esikäsittely, P2 = perusteellinen esikäsittely, P3 = erittäin perusteellinen esikäsittely). Kohdassa A.1 10.2 on esitetty vaatimukset Liikenneviraston terässiltojen terästyön laatuasteelle.

Pintakäsitteltävän pinnan esikäsittelyä taas on käsitelty kohdassa A.2 F.2.2.

- A.1 10.2 Pintojen esikäsittelyaste (terästyön laatuaste) tai korroosioneston  
/ odotettu käyttöikä ja rasitusluokka / Esitetäänkö totetusluokille  
A.2 EXC2, EXC3 ja EXC4 muuta esikäsittelyastetta kuin P1

Kaikkien maaleilla ja vastaavilla tuotteilla käsiteltäviksi tarkoitettujen pintojen tulee täyttää standardin SFS-EN ISO 8501-3 vaatimukset. Terässilloissa esikäsittelyasteena on P2 seuraavin poikkeuksin, ellei tilaajan kanssa muuta erikseen sovita:

Taulukko 2.

Kuvaus	Esikäsittelyaste	
	Maalattavat siltaraken- teet	Kuumasinkittävät silta- rakenteet
1.1 Hitsausroiskeet	P3	P2
2.1 Pyöristetyt reunat	P3	P2 + reunat viistettävä $\geq$ 2 mm
2.2 Stanssatut, leikatut tai sahatut reunat	P3	P2 + reunat viistettävä $\geq$ 2 mm
2.3 Polttoleikatut reunat	P2 + reunat pyöristettävä $\geq$ 2 mm	P2 + reunat viistettävä $\geq$ 2 mm

- A.2 10.2 Esitetäänkö esikäsittelyasteita P2 tai P3 ympäristörasitusluokissa  
yli C3, kun korroosioneston odotettu käyttöikä on yli 15 vuotta

Siltarakenteiden pintakäsittelyiltä edellytetään yli 15 vuoden käyttöikää, ellei rakennussuunnitelmassa muuta ole mainittu. Esikäsittelyaste valitaan edellä esitetyn mukaan, ks. kohdat A.1 10.2 ja A.2 10.2.

- A.2 F.2.2 Muiden kuin standardien SFS-EN ISO 8501 ja SFS-EN ISO 1461  
mukaisten vaatimusten esittäminen seostamattomien terästen pin-  
takäsittelyille

Pinnat esikäsitellään tämän ohjeen sekä standardien SFS-EN 12944-4 ja SFS-EN 1090-2 mukaan. Kohdassa 3.9.13 esitetään vaatimus teräksen piipitoisuudesta kuumasinkit-  
täville rakenteille.

Esikäsittelyn toimenpiteet raportoidaan työalueen pinta-  
käsittelyn seurantakorttiin. Lisäksi tarvittaessa raportoi-  
daan seuraavat asiat:

- maalipintojen suolapitoisuusmittaukset
- suihkupuhdistusjätteen talteenottomäärät
- suihkupuhdistusjätteen haitta-ainepitoisuudet
- käytetyt materiaalit (hiekat, kitit ym.)

#### *Maalattavan pinnan puhdistus*

Maalausjärjestelmän maalien tuoteselosteessa esitetään esikäsitteilyastevaatimus. Tarkentavia tietoja on annettu lisäksi standardissa SFS-EN 12944-4. Ellei rakennussuunnitelmassa muuta ole annettu on esikäsitteilyaste Sa2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> standardin SFS-EN ISO 8501-1 mukaan.

Pinnan karheusvaatimus on keskikarhea G standardin SFS-EN ISO 8503-2 mukaan arvosteltuna.

Suihkupuhdistuksessa käytettävien rakeiden ja puhallusilman tulee olla puhdasta, jotta varmistetaan riittävä tartunta pohjamaalin ja teräspinnan välillä. Kiinteässä maalaamossa puhtauden tarkastus suoritetaan prosessiohjeiden mukaan, kierrätettäessä puhallusmateriaalia tulee puhtauden tarkastukseen kiinnittää erityistä huomiota. Työmaaolosuhteissa tulee puhtaus tutkia ennen työn aloittamista ja tarpeen vaatiessa työn aikana.

Pinnan puhtaus pölystä tarkastetaan teippikokeella standardin SFS-EN ISO 8502-3 mukaisesti. Tarkastuskerroilla saatuja tuloksia verrataan keskenään ja puhtaalla pinnalla saatuun koetulokseen. Teippiin kertyvän pölymäärän hyväksytty luokka on 2 ja partikkelikoko luokka 2. Mikäli tarkastuksen luokitus on 3 tai suurempi täytyy pinta puhdistaa uudelleen ja teippikoe uusia.

Mikäli pinnoitettava osa on alttiina suolaisille olosuhteille (suolattavan tieosuuden tai meren läheisyys) tulee pinnoitettavan alueen suolapitoisuus määrittää pesun jälkeen. Maalattavan pinnan kokonaissuolapitoisuuden määrittämistä varten tarvittava näyte otetaan Bresle-menetelmällä standardin SFS-EN ISO 8502-6 mukaan. Liuoksen kokonaissuolapitoisuus määritetään standardin SFS-EN ISO 8502-9 mukaisella johtokykyyn perustuvalla menetelmällä tai tutkitaan laboratoriossa. Kokonaissuolapitoisuus saa olla korkeintaan 5 µg/cm<sup>2</sup> (50 mg/m<sup>2</sup>). Määrittämisestä ensimmäiseltä tarkastusalueelta kolme, minkä jälkeen tehdään tarvittaessa pistokoetarkastuksia. Jos kokonaissuolapitoisuus ylittää ohjearvon, pinnat on pestävä uudelleen makealla vedellä ja suolapitoisuusmäärittäminen uusittava.

Uusia maalikerroksia levitettäessä on maalattavien pintojen oltava puhtaita edellä mainittujen lisäksi öljystä ja rasvasta. Jos maalattu tai jatkomaalattava maalipinta on likaantunut, on se pestävä ennen seuraavan maalikerroksen levitystä. Tarkentavia tietoja standardissa SFS-EN 12944-4.

*Metalliruiskutettavien pintojen esikäsittely*

Pintojen puhdistusaste on Sa3 standardin SFS-EN ISO 8501-1 mukaan.

Pinnan karheusvaatimus on keskikarhea G standardin SFS-EN ISO 8503-2 mukaan arvosteltuna.

*Sinkityn pinnan esikäsittely*

Kappaleiden soveltuminen kuumasinkitykseen todetaan esikäsittelyn yhteydessä. Hitsien on oltava tiiviitä, ja liitoksissa ei saa olla avoimia rakoja joihin peittausnesteitä voi jäädä eikä sellaisia suljettuja osia tai rakoja, joissa kehittyvä kaasun paine voi aiheuttaa räjähdysten tai haitallisen muodonmuutoksen. Rakennussuunnitelmassa tulee aina olla velvoite siitä, että sinkitsijän tulee hyväksyä rakenne ja sen rei'itys ennen upotusta. Tarvittaessa rakennosiin tehdään paineen tasaamista ja sinkin valumista varten reikiä rakenteiden suunnittelijan kanssa sovittaviin kohtiin.

Maalattaviksi tulevat kuumasinkityt pinnat esikäsitellään maalausjärjestelmän asettamien vaatimusten mukaisesti.

Sinkkipölymaaleilla maalatut ja ruiskusinkityt pinnat esikäsitellään samalla tavalla kuin kuumasinkityt, jos niitä ei maalata välimaalilla tai tiivistyslakalla, ennen kuin sinkkisuoloja ehtii muodostua. Sinkkisuolojen muodostumista tapahtuu haitallisessa määrin ulko-olosuhteissa 2...4 tunnin aikana ja hallituissa sisäolosuhteissa noin yhden työvuoron kuluessa. Siksi kuumasinkitty pinta tulisi maalata niin nopeasti kuumasinkityksen jälkeen, ettei sinkkisuoloja ole ehtinyt muodostua sinkityksen pintaan.

Jos maalattavalle pinnalle on ehtinyt muodostua sinkkisuoloja, puhdistetaan pinta pyyhkäisykupuhdistuksella standardin SFS-EN 12944-4 mukaan ja maalataan tämän jälkeen niin nopeasti, ettei sinkkisuoloja ehdi muodostua. Sinkkipölymaalilla maalatut pinnat tulee kuitenkin puhdistaa pesemällä vedellä, koska ko. maali ei kestä pyyhkäisykupuhdistusta. Tarvittaessa maalipinta karhennetaan lisäksi hiomalla.

*Muut vaatimukset*

Ruuvi- ja kitkaliitoksissa on öljy tai muu voiteluaine poistettava liittimien näkyviin jääviltä pinnoilta liuottimella ennen suihkupuhtistusta. Esijännitetyissä ruuviliitoksissa on estettävä liuottimen pääsy kitkapinnoille.

Hyvin sovitetut liitokset voidaan tiivistää sivelemällä niihin pohjamaalia. Avoimet raot esim. jatkettujen levyjen päiden välissä, tiivistetään kitillä pohjamaalauksen jälkeen.

Konepajapohjakäsittelyä ei siltamateriaaleille tehdä, ellei sitä ole sisällytetty valmistus- tai pintakäsittelysuunnitelmaan. Konepajapohjalla käsitelty pinnat esikäsitellään ennen lopullista pinnoitusta maalausjärjestelmän edellyttämällä tavalla (SFS-EN ISO 8501-2).

**OPASTAVIA  
TIETOJA**

Standardissa SFS-EN ISO 8501-1 esikäsitteilyaste kuvaa pinnan esikäsitteilymenetelmää ja puhdistusastetta yleisesti siten, että esikäsitteilyaste merkitään puhdistusmenetelmän mukaisella tunnuksella "Sa", "St" tai "Fl" sekä valsihilseen, ruosteen ja aikaisempien pinnoitteiden puhdistamisen astetta merkitsevällä numerolla. Lisäksi standardissa SFS-EN ISO 8501-2 on annettu vaatimukset pinnoitettujen pintojen esikäsitteilylle ("Sa", "St" tai "Ma").

Sillan rakennussuunnitelmassa voidaan lisäksi esittää vaatimuksia pinnan esikäsitteilylle.

Teräspinnan karheus vaikuttaa saavutettavan pinnoitteen paksuuteen ja rakenteeseen. Perusmetallin epätasaisuus jää tavallisesti näkyviin kuumasinkityksen jälkeen.

Ennen peittausta suoritettavalla raepuhalluksella, karheahionnalla tms. aikaansaatua karkea teräspinta tuottaa paksumman sinkkipinnoitteen kuin pelkästään peittaamalla käsitelty pinta.

Polttoleikkaus muuttaa teräksen koostumusta niin, että vaadittuja pinnoitepaksuuksia on kuumasinkityksessä vaikeampi saavuttaa. Riittävän pinnoitepaksuuden varmistamiseksi voidaan esittää vaatimus, että kaikki polttoleikkattujen reunojen leikkauspinnat poistetaan hiomalla.

**A.1 F.4**

Kitkapintoja koskevat vaatimukset ja käsittelyluokka tai vaadittavat testit

Sillan rakennussuunnitelmissa esitetään aina kitkapintojen luokka SFS-EN 1090-2 taulukon 18 mukaan sekä mahdolliset muut kitkapinnoille asetettavat vaatimukset.

Esijännitetyissä ruuviliitoksissa kaikki raot liitososien välissä ja ympärillä sekä liittimien eri osien ja perusaineen

välillä tiivistetään siten, että kosteus ei pääse tunkeutumaan liitososien väliin. Tiivistämiseen käytetään sellaisia maaleja ja kittejä, jotka soveltuvat rakenteen korroosionestopinnoitukseen.

Olosuhteiden ja rakentamisen aikataulun niin vaatiessa pitää tiivistäminen tehdä väliaikaisella pinnoitteella, joka poistetaan kokonaan lopullisen pintakäsittelyn yhteydessä.

Esijännitettyjen ruuviliitosten tiivistäminen tulee esittää pintakäsittelysuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Muut vaatimukset voivat koskea esimerkiksi luokan B pintojen käsittelyä.

A.2 10.2 Esitetäänkö ruostumattomille teräksille pinnan puhtaudelle vaatimuksia

Silloissa ruostumattomia teräksiä käytetään yleensä vain sekundäärisissä rakenneosissa. Ruostumattomien terästen pinnan puhtaudelle liittyvät vaatimukset esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA TIETOJA Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritelmän laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

### 3.9.3 Säänkestävät teräkset

A.1 10.3 Tarvittaessa menettelytavat, joilla varmistetaan, että pinnoittamattomien ilmastorasitusta kestävien terästen pinnat ovat esteettisesti hyväksyttäviä sään vaikutusten jälkeen

Ne säänkestävästä teräksestä tehdyt rakenteet, joita ei rakennussuunnitelmassa ole määrätty maalattavaksi, suihkupuuhdistetaan asteeseen Sa 2½ standardin SFS-EN ISO 8501-1 mukaan tasaisen värisävyin varmistamiseksi.

Poikkeuksena edellä mainittuun siltapaikkaluokissa III ja IV hitsisaumat puhalletaan asteeseen Sa 2½ ja muiden rakenneosien osalta riittää aste Sa 2.

Likaantuminen työn aikana estetään suojaamalla teräspinnat haitallisilta roiskeilta (esim. öljy, rasva, maali, betoni, asfaltti). Betonin valusta ja muista rakentamistoimenpiteistä aiheutuva lika ja muut jäljet poistetaan rakenteen pinnoilta.

OPASTAVIA TIETOJA Suojaavan patinakerroksen muodostumista varten rakenteen tulee olla alttiina sään vaihteluille eli teräspinnan tulee kastua ja kuivua toistuvasti. Veden kerääntyminen ko-

loihin tai vaakasuorille pinnoille on kuitenkin estettävä. Happopitoisia pesuaineita on vältettävä.

Säänkestävästä teräksestä käytetään myös termiä ilmasto-rasitusta kestävä teräs.

- A.1 10.3 Vaatimukset pinnan käsittelylle säänkestävien rakenneterästen ja ei-säänkestävien terästen kosketuskohdissa

Säänkestävien ja ei-säänkestävien terästen kosketuspinnat eristetään toisistaan maalaamalla molemmat pinnat sillan rakennussuunnitelmassa esitetyllä maalausjärjestelmällä. Vaihtoehtoisesti pinnat eristetään toisistaan vähintään 1,0 mm:n paksuisia neopreeni- tai EPDM-kumivälilevyjä käyttäen.

Myös sinkitty teräs sekä ruostumaton teräs on eristettävä säänkestävästä teräksestä.

OPASTAVIA TIETOJA Veden ja lian kerääntyminen tällaisille liitospinnoille tulee estää.

### 3.9.4 Sinkityt teräkset

- A.2 10.5 Edellytetäänkö suljettavien tilojen tiivistämistä sinkityksen jälkeen ja jos edellytetään niin miten

Jos suljetut tilat on suljettava sinkityksen jälkeen, vaatimus ja sulkemismenettely esitetään sillan rakennussuunnitelmassa

OPASTAVIA TIETOJA Pääsääntöisesti kotelomaiset rakenteet sinkitään myös sisältä ja varustetaan riittävällä rei'ityksellä siten, että vesi ei pääse kerääntymään koteloihin. Tämä rei'itys on yleensä sama kuin sinkityksen vaatima.

Rakenteissa, joissa tämä ei ole mahdollista, suljetut tilat suljetaan yleensä ilmatiiviisti hitsaamalla tukkolevyt sinkitysaukkoihin. Tukkolevyjen ja hitsien pintakäsittelyn tulee olla korroosionkestävyydeltään vähintään yhtä hyvä kuin ympäröivän sinkityn pinnan (ks. standardin SFS-EN 1090-2 kohta 10.9).

### 3.9.5 Suljettavien tilojen tukkiminen

- LIVI 10.6 Yleistä

Suljettujen koteloiden on oltava ilmatiiviitä, ellei niitä ole sisäpuoleltaan pinnoitettu tai suojattu muulla tavalla korroosiolta.

Hermeettisesti ilmatiiviiksi todettuja koteloita ei tarvitse suojata.



- A.1 10.6 Sisäpuolinen käsittelyjärjestelmä, jos suljetut tilat tiivistetään hit-  
saamalla tai käsitellään sisäpuolisella suojauskäsittelyllä
- Jos suljetut tilat (esim. rakenneputket) tiivistetään hitseillä  
ilmatiiviiksi, suljetun tilan sisäpuoliset pinnat jätetään kä-  
sittelemättä.
- Kun kotelo- tai ontelorakennetta ei ole suljettu ilmatiiviisti  
tai kuivausta järjestetty muutoin tulee sisäpinnat suojata  
tarkoituksenmukaisella tavalla. Sisäpuolinen käsittelyjär-  
jestelmä hyväksytetään tilaajalla hankekohtaisesti ja esite-  
tään sillan rakennussuunnitelmassa.
- OPASTAVIA Ei-hermeettisissä kotelomaisissa rakenteissa voidaan kor-  
TIETOJA roosionestopinnoite tai muu suojaus korvata tai sen kestä-  
vyyttä ja suojaavaa vaikutusta lisätä kuivatusjärjestelyllä,  
joka pitää suhteellisen kosteuden kriittisen kosteuden ala-  
puolella (< 40 %), jolloin korroosiota ei tapahdu tai se on  
hyvin hidasta.
- Sisäpinnat on mahdollista suojata myös käyttämällä kaa-  
sufaasi-inhibiittia. Vaatimukset kaasufaasi-inhibiitille esi-  
tetään sillan rakennussuunnitelmassa.
- A.1 10.6 Lävistyskohdan tiivistyksessä käytettävä menetelmä, jos mekaani-  
nen kiinnitin lävistää tukitun suljetun tilan seinämän
- Lävistyskohta tiivistetään käyttämällä mekaanisen kiinnik-  
keen kannan ja aluslevyn alla butyylikumitiivistettä. Kote-  
lon sisäpinta tulee kuitenkin aina suojata tarkoitukseen  
sopivalla korroosion estoaineella.
- OPASTAVIA Butyylikumin (IIR) kaasujen läpäisevyys on erittäin alhai-  
TIETOJA nen ja sen säänkestävyys sekä otsonin ja lämpötilan vaih-  
teluiden kestävyys on hyvä.
- A.2 10.6 Edellytetäänkö sallittuja hitsausvirheitä sisältävien hitsien tukki-  
mista sopivalla täyteaineella
- Hitsaamalla suljettujen sisätilojen sallittuja hitsausvirheitä  
sisältävien hitsien tiivistäminen esitetään sillan rakennus-  
suunnitelmassa, jos sitä vaaditaan.
- OPASTAVIA Hitsaussuunnitelmassa tulee ottaa huomioon hitsin ilma-  
TIETOJA tiiveysvaatimus.
- A.2 10.6 Vaaditaanko tiivistyshitseille silmämääräisen tarkastuksen jälkeen  
muuta tarkastusta
- Ilmatiiviiksi suunniteltujen koteloiden tiiviys (kannatinra-  
kenteet) todetaan painekokeella, jossa käytetään 0,1 baa-  
rin ylipainetta, ellei muuta painetta ole määrätty käytettä-  
väksi. Kokeesta tehdään pöytäkirja.

Sekundäärirakenteissa (esim. palkkisiltojen poikkiristikkojen sauvat) koteloiden tiiviys todetaan 100 %:n silmämääräisen tarkastuksen perusteella. Tarkastuksista tehdään merkinnät laaturaporttiin.

Näistä poikkeavat käytännöt esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA  
TIETOJA

Rakenteiden tiivistyshitsseille suoritetaan laajuudeltaan riittäväksi katsottava NDT-tarkastus, kun tiivistyshitsit ovat vedenalaisia, maahan upotettuja tai kun veden tai kosteuden on muuten mahdollista kerääntyä pitkäaikaisesti kosketuksiin tiivistyshitsin kanssa.

Mikäli painetestissä todetaan paineen laskevan, voidaan saumojen vuotokohdat paikallistaa saumoihin sivellyn saippualiuoksen avulla.

### 3.9.6 Betonin kanssa kosketuksissa olevat pinnat

A.2 10.7 Asetaanko betonin kanssa kosketuksiin tulevien pintojen pinnoitteille erityisvaatimuksia

Betonin kanssa kosketuksiin joutuvat teräspinnat on käsiteltävä pinnoitteella, joka kestää betonin alkalisuuden aiheuttaman lisärasituksen ja että rajakohtaan ei jää vaikeasti huollettavaa aluetta.

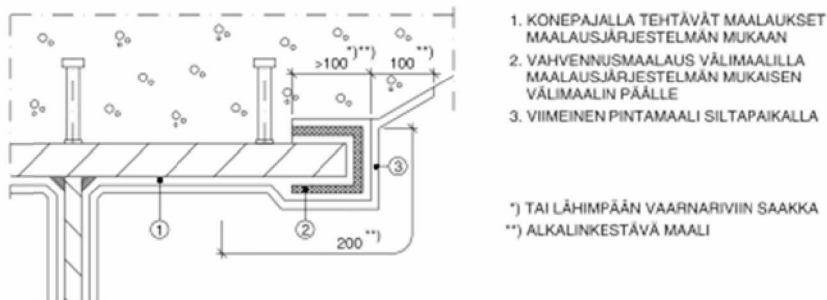
Liittopalkkisiltojen teräspalkkien ylälaippa pinnoitetaan kuvan 8 mukaan.

Jos teräsbetonisen kansilaatan ja teräspalkin välillä ei ole liittovaikutusta (vaarvoja), betonia vasten tulevat pinnat käsitellään kuvan 9 mukaisesti.

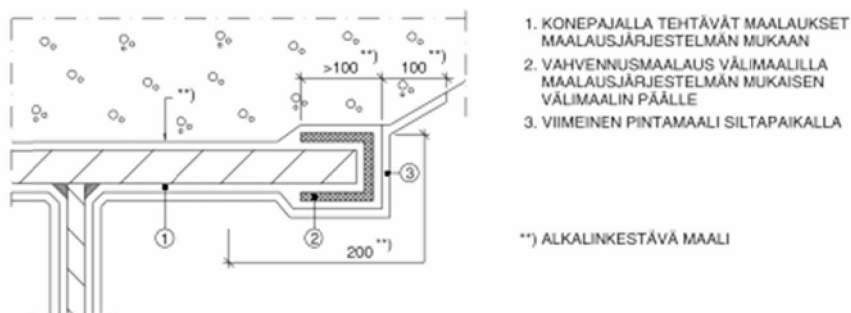
Maalatut pinnat tulee puhdistaa mahdollisista betonivalumista heti valun jälkeen vedellä. Puhdistamisesta vastaa valutyön suorittaja. Mikäli tämä ei ole mahdollista käytetään seuraavaa menettelyä:

- kaikki betonin ja teräksen rajapinnat täytyy käydä läpi
- irtonaiset betoniroiskeet poistetaan varovasti esimerkiksi lastalla
- mahdolliset maalipinnan vauriot korjataan paikamaalaamalla

Jos betonikannen ja ylälaipan väliin jää rakoja (harvavalua) täytetään nämä maaliyhdistelmään sopivalla kitillä ja maalataan lopuksi pintamaalilla.



Kuva 8. Liittopalkin ylälaipan pinnoitus.



Kuva 9. Betonilaatan ja teräspalkin rajakohdan maalaus

A.2 F.5 Saako betonin sisään tulevan perustusruuvien alemman osan jättää ilman pintakäsittelyä

Betonin sisään menevät tangot ym. teräsosat maalataan kuvassa 10 osoitetulla tavalla.

OPASTAVIA TIETOJA Jos suora vedenpääsy betonin ja perustusruuvien väliin on mahdollinen, perustusruuvi suojataan kokonaan tai valmistetaan korroosionkestävästä materiaalista. Vaatimus esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.



Kuva 10. Betonin sisään upotettujen tankojen maalaus.

### 3.9.7 Puurakenteiden kanssa kosketuksissa olevat pinnat

LIVI 10.7 Kyllästys- ja muiden erityisaineiden kanssa kosketuksissa olevat pinnat

Puukantisten teräspalkkisiltojen ylälaippa maalataan *kuvan 9* mukaisesti.

Kreosoottiöljyllä kyllästetyn puurakenteen kanssa kosketuksiin joutuvat teräspinnat käsitellään kyllästysaineen rasituksen kestäväällä pinnoitteella esim. hartsimodifioidulla epoksimaalilla tai muulla rakennussuunnitelmassa esitetyllä pintakäsittelyjärjestelmällä.

**OPASTAVIA TIETOJA** Alkydimaalit ovat yleisimmät silloissa käytettävät maalit, jotka eivät kestä betonin alkalisuutta eivätkä puun kyllästysaineita.

Betonin alkalisuutta ja puun kyllästysaineita kestävät parhaiten epoksi- ja polyuretaanimaalit.

### 3.9.8 Luoksepääsemättömät pinnat

A.2 10.8 Voidaanko kosketuspinnat ja aluslaattojen alapuoliset pinnat jättää käsittelemättä

Jos kaikki kiinnitystarvikkeet (ruuvikokoonpanot) ovat kuumasinkittyjä, aluslaattojen alapinnat voidaan jättää käsittelemättä. Muuten A- ja D-luokan ruuviliitoksissa kosketuspinnat käsitellään pohjamaalilla, ja jos rakennussuunnitelmassa niin esitetään, myös välimaalilla.

Muissa liitoksissa ja kosketuspinoilla liitospintojen käsittely esitetään rakennussuunnitelmassa.

- A.2 10.8 Voidaanko ruuvikiinnitykset ja niiden ympäryys jättää osittain käsittelemättä muulle teräsrakenteelle esitetyllä täydellä suojauksella

Ruuvikiinnitykset ja niiden ympäryys käsitellään muulle rakenteelle määritetyllä suojauksella.

Ruuvien kannat, mutterit ja näkyviin jäävät kiertet suojataan ylimääräisellä välimaalikerroksella kohdan 3.9.12 mukaisesti.

Pintakäsittely esitetään yksityiskohtaisesti sillan rakennussuunnitelmassa.

- OPASTAVIA Tilapäisissä kiinnityksissä riittää pintakäsittely, joka estää  
TIETOJA ruostevalumien syntymisen ennen kiinnityksen purkamista.

### 3.9.9 Leikkauksen tai hitsauksen jälkeiset korjaukset

- A.1 10.9 Leikkaamisen tai hitsauksen jälkeen tehtävissä korjauksissa käytettävä menetelmä ja korjausten laajuus

Työmaalla tehtävässä leikkaamisessa, hitsausliitoksissa tai kuljetuksen ja asennuksen aikana muuten vaurioituneet kohdat esikäsitellään alkuperäisen maalausjärjestelmän mukaiseen esikäsitelyasteeseen ja korjausmaalataan alkuperäisen maalausjärjestelmän mukaan. Kuumasinkittyjen rakenteiden pienet sinkkipinnan vauriot esikäsitellään hiomalla ja vaurioituneet alueet maalataan sinkkipölymaalilla sivellintä käyttäen. Maalikerroksen (maalataan 2-3 kerrosta) kokonaispaksuuden tulee olla vähintään sinkkikerroksen vaaditun paksuuden suuruinen.

- OPASTAVIA Paikkamaalattavien kohtien reunoilta poistetaan kaikki  
TIETOJA irtomainen maali tai sinkki. Vanhan maalin tai sinkin reunat viistetään hiomalla.

Kuumasinkittyjen teräsrakenteiden korjausmaalauksen sijasta voidaan käyttää ruiskusinkitystä, jos sillan rakennussuunnitelmassa niin sallitaan.

- A.2 10.9 Edellytetäänkö leikatuille reunoille ja niihin liittyville pinnoille korjaustoimenpiteitä tai ylimääräistä suojauksenkäsittelyä leikkauksen jälkeen

Leikatut reunat ja vaurioituneet pinnat korjataan esikäsittelemällä ja suojaamalla ne ko. teräsosalle esitettyjen vaatimusten mukaisesti. Lisäksi ko. kohdat suojataan ylimääräisellä välimaalikerroksella kohdan 3.9.12 mukaisesti.

OPASTAVIA TIETOJA Sillan rakennussuunnitelmassa voidaan antaa yksityiskoh-  
 taisempia ohjeita pintojen käsittelylle leikkauksen ja hitsa-  
 uksen jälkeen.

### 3.9.10 Asennuksen jälkeinen puhdistaminen

- LIVI 10.10 Maalattujen pintojen puhdistaminen
- Betoniroskeiden puhdistuksen osalta katso luvun 3.9.6  
 Betonin kanssa kosketuksissa olevat pinnat kohta A.2 10.7.
- A.1 10.10.2 Ruostumattomien terästen puhdistuksessa käytettävä menetelmä  
 ja puhdistuksen taso ja laajuus
- Ensisijaisesti pinnat suojataan rakennusaikana irrotetta-  
 valla muovikalvolla.
- OPASTAVIA TIETOJA Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta  
 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritel-  
 män laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.

### 3.9.11 Korroosionesto, yleistä

- A.1 F.1.2 Korroosioneston toiminnalliset vaatimukset
- Siltojen korroosioneston (ruostesuojaus, korroosiosuojaus)  
 odotettu kestoikä on yli 15 vuotta, mikä vastaa kestävyys-  
 luokkaa H (korkea) standardin SFS-EN 12944-1 mukaisesti.
- Lisäksi uusien siltojen pinnoitteessa ei saa olla viiden vuo-  
 den kuluttua käsittelystä merkkejä ruostumisesta eikä mui-  
 takaan silmin havaittavia vikoja.
- Siltojen näkyvien teräsosien rasitusluokka on C3 ...C5-L, -  
 m sillan sijainnista riippuen. Silloissa voi olla myös rasitus-  
 luokkiin Im1...3 kuuluvia osia.
- OPASTAVIA TIETOJA Rasitusluokka määritetään standardin SFS-EN ISO 12944-  
 2 kohdan 5 mukaisesti arvioimalla taulukkojen 1 ja 2 ympä-  
 ristöesimerkkien avulla. Rasitusluokka voidaan määrittää  
 myös koestamalla standardikoekappaleita.
- Ilmastorasituksen kestävästä teräksestä valmistettujen  
 rakenteiden ja teräspaalujen mitoituksessa voidaan käyt-  
 tää korroosiovaraa ainevahvuutta määritettäessä.
- LIVI F.1.3 Siltojen pintakäsittelytoissa saa käyttää vain Liikenneviraston hy-  
 väksymiä pinnoitejärjestelmiä. Järjestelmät määritellään Liikenne-  
 viraston tunnuksilla (esim. LIVI A.1). Hyväksytyjen maalausjärjes-  
 telmien luetteloa päivitetään käyttökokemusten ja hyväksymistes-  
 tien tulosten perusteella.
- Suosittelavat ja muut hyväksytyt maalausjärjestelmät käyttörajoi-  
 tuksineen on esitetty *SILKO-ohjeissa 3.351 tai 3.352* ja niitä täyden-  
 tävissä Liikenneviraston kirjeissä.

Maalausjärjestelmä esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Työsuunnitelmassa voidaan ehdottaa myös jotain muuta kuin rakennussuunnitelmassa esitettyä Liikenneviraston hyväksymää pintakäsittelyjärjestelmää tässä ohjeessa esitetyissä rajoissa. Tällöin järjestelmä täytyy hyväksyttää tilaajalla.

Maalausjärjestelmän eri kerrosten tulee värisävyltään poiketa selvästi toisistaan maalaustyön ja valvonnan helpottamiseksi. Ohuet pintamaalikerrokset saavat kuitenkin olla samanvärisiä.

Rautatiesiltojen tukikerrokseen rajoittuvat teräspinnat eristetään InfraRYL kohdan 42310.3.3.2 alakohdan .1 R mukaisesti, ellei rakennussuunnitelmassa ole toisin esitetty.

A.1 F.1.3 Luokitteluun perustuvan korroosioneston vaatimukset

Tässä ohjeessa ja sillan rakennussuunnitelmissa esitetään aina tarpeelliset korroosioneston luokitteluun SFS-EN 1090-2 F.1.3 kohtien a)...k) perustuvat vaatimukset.

OPASTAVIA TIETOJA Erilaisten metallien rajapinnassa maalataan molempien metallien pinnat. Jos se ei ole mahdollista, maalataan metalleista jalomman pinta.

Lisätietoja galvaanisen korroosion estämisestä on esitetty mm. standardin SFS-EN ISO 12944-3 kohdassa 5.10.

### 3.9.12 Maalaus

LIVI F.6.1 Teräsrakenteiden korroosioneston maaliyhdistelmien on noudatettava standardeja SFS-EN 12944 -1...8 sekä niiden viitestandardeja, pintakäsittelyn laatu- ja työsuunnitelmaa, tätä ohjetta sekä maalinvalmistajan ohjeita

Pintakäsitteltävän pinnan tulee olla aina vähintään kolme astetta lämpimämpi kuin olosuhteiden mukaan määritettävän kastepistelämpötilan. Muilta osin vaatimukset on esitetty standardeissa SFS-EN 12944.

Vaikeasti maalattavat kohdat, kuten notsikolot, reiät ja ahtaat raot on käsiteltävä kunkin ruiskumaalaukerran yhteydessä sivellimellä tai telalla ja sivellimellä ennen ruiskumaalausta, jotta kalvonpaksuusvaatimus täyttyy varmasti. Tämä varmistusmaalaus tehdään "märkkää märälle" tekniikkaa käyttäen.

Laippojen reunat, kulmat ja särmät, niitit, ruuvien kannat ja kierteet sekä reikien reunat vahvennusmaalataan ylimääräisellä välimaalikerroksella sivellintä tai telaa ja sivellintä käyttäen kuvan 8 mukaisesti.

Ylälaipan asennusjatkosten paikkamaalaus työmaalla on tehtävä ennen kansilaatan valua.

Asennushitsien kohdat rakenneosissa jätetään riittävän leveältä alalta maalaamatta (n. 50 mm:n leveydeltä reunasta). Maalikerrokset lopetetaan asennushitsien läheisyyteen porrasten ns. harsorajalla noin 100-200 mm:n välein.

Raot ja pintaan aukeavat, hitsin laatuluokassa sallittavat yksittäiset huokokset, jotka eivät täyty maalilla, kitataan ilmatiiviisti maaliyhdistelmään soveltuvalla kitillä.

### 3.9.13 Kuumasinkitys

LIVI F.6.3 Sinkkikerroksen paksuuden tulee olla *taulukon 4.* mukainen, ellei rakennussuunnitelmassa määrätä toisin.

Kuumasinkittävissä teräsrakenteissa tulee käyttää piipitoisuudeltaan 0.14...0.25 % mukaista terästä.

*Taulukko 4. Liikenneviraston vaatimukset kuumasinkkipinnoitteiden paksuudelle siltarakenteissa.*

Teräksen aine- vahvuus mm	Paikallinen kerros- paksuus (minimi) <sup>1)</sup> µm	Keskimääräinen kerros- paksuus (minimi) <sup>2)</sup> µm
$t \geq 6$ mm	90	100
$3 \leq t < 6$ mm	75	85
$1.5 \leq t < 3$ mm	50	60

<sup>1)</sup> Paikallisella kerrospaksuudella tarkoitetaan tässä mittausalueen yksittäisten mittauslukemien (5 kpl) keskiarvoa. Yksittäiset mittauslukemat voivat olla tätä alhaisempia.

<sup>2)</sup> Paikallisten kerrospaksuuksien keskiarvo.

Pinnoitteen tarttuvuus alustaansa testataan standardin SFS-EN ISO 2063 mukaisesti.

Sinkin maksimilämpötila on kappalekuumasinkityksessä +460 °C ja ruuvien, muttereiden ja muiden liitososien kuumasinkityksessä +570 °C. Kuumasinkittyjä rakenneosia ei saa oikoa kuumennusta apuna käyttäen.

Asennettaessa kuumasinkittyjä teräsosia valettavan betonirakenteen sisään, tulee haitallinen vedyn muodostuminen estää. Vetyreaktion estäminen on esitettävä työsuunnitelmassa. Yleensä vetyreaktio voidaan estää kuumasinkittyjen tuotteiden 8 viikon ilmastorasituksella. Vaihtoehtoisesti betonin sisään valettavat osat tulee passivoida.

Näkyviin jäävien (edustavien) pintojen värin on oltava tasainen. Kuumasinkityissä kappaleissa ei saa olla haitallista



		valumaa, eikä kuonakerroksia. Sinkityt tuotteet tulee kuljettaa ja varastoida siten, ettei niihin muodostu haitallisesa määrin ns. valkoruostetta.
	OPASTAVIA TIETOJA	Käytettäessä rakenteissa niin sanottua keskipiin terästä eli Si-pitoisuus on välillä 0.14...0.25 % saavutetaan riittävän paksu sinkkikerros, jolla varmistetaan pitkä käyttöikä myös suolarasituksen alaisissa kohteissa
A.1	F.6.3	<p>Sinkitysmenetelmän hyväksyntää koskevat vaatimukset, jos kylmämuovattujen kokoonpanojen kastosinkitys on esitetty suoritettavaksi valmistuksen jälkeen</p> <p>Kylmämuovattujen rakenteiden sinkittävyys ja tarpeellinen rei'itys kastosinkitystä käyttäen on varmistettava kuumasinkityksen suorittajalta ennen rakenteiden valmistuksen aloittamista. Rakennussuunnitelmassa tulee aina olla velvoite siitä, että sinkitsijän tulee hyväksyä rakenne ja sen rei'itys ennen upotusta.</p>
	OPASTAVIA TIETOJA	Lujien terästen (myötöraja 460 MPa tai yli) kylmämuovaus saattaa nostaa riskiä LMCA-ilmiölle (Liquid Metal Assisted Cracking). Tällaisten rakenteiden osalta tulee kiinnittää erityistä huomiota kohdan A.2 F.7.4 / 3.9.14 mukaiselle tarkastukselle.
A.1	F.6.3	<p>Ennen sinkityksen jälkeistä pinnoitusta tehtävän käsittelyn tarkastusta tai hyväksyntää koskevat vaatimukset sinkityille kokoonpanoille</p> <p>Sinkityn pinnan esikäsittelyn tarkastukset ja niiden jälkeen tehtävä pinnoitus tulee suorittaa viimeistään 4 tunnin kuluessa esikäsittelyn jälkeen, jotta voidaan välttyä pinnan oksidoitumiselta ja likaantumiselta ennen pinnoitusta. Jos tämä ei ole mahdollista, tulee pinta pyyhkäisysuihkupuhdistaa kohdan A.2 F.2.2 / 3.9.2 mukaisesti.</p> <p>Mikäli tarkastuksessa havaitaan puutteita esikäsittelyssä, esikäsittely uusitaan tarvittavissa kohdissa.</p> <p>Mikäli tarkastuksessa havaitaan esikäsittelyssä syntyneitä tai muita sinkkipinnoitteen vauriokohtia, ne on korjattava siten, että korjauskäsittely soveltuu sinkityksen jälkeen tehtävään pinnoitukseen.</p> <p>Mikäli kappaleissa havaitaan toleranssit ylittäviä muodonmuutoksia, tulee muodonmuutokset ja oikaisussa mahdollisesti muodostuneet vauriot korjata. Kuumilla oikomista ei sallita.</p>
	OPASTAVIA TIETOJA	Ennen korjausmaalausta sinkkipinnoitteen vaurioalue kuivataan ja puhdistetaan erittäin huolellisesti vähintään esikäsittelyasteeseen St3. Sinkkipinnoite hiotaan loivaksi korjattavan alueen reunoilla. Korjausmaalaus suoritetaan sinkkipölymaalilla sivellintä käyttäen. Maalikerroksen pak-

suuden on oltava vähintään vaaditun sinkkikerroksen vahvuinen. Maalauksen sijasta voidaan käyttää ruiskusinkitystä.

#### LIVI F.6 Tilapäiset korroosionestomenetelmät

Siltarakenteissa voidaan käyttää tilaajan luvalla joko rakennusajaksi tarkoitettuja tai käytön aikana määräajoin uusittavaksi tai vahvistettavaksi suunniteltuja tilapäisiä korroosionestomenetelmiä.

Tilapäisiä korroosionestomenetelmiä käytettäessä on pintakäsittelysuunnitelman perustuttava aineiden valmistajalta saatuihin käyttöohjeisiin.

Tilapäisten korroosionestomenetelmien soveltuvuus, huoltokäsittely huomioonottaen, osoitetaan koetustodistuksilla tai vastaavilla vaatimustenmukaisuustodistuksilla sekä aineiden koostumusta ja vaikutustapaa koskevilla selvityksillä.

Käytetyt aineet sekä työ- ja laadunvarmistusmenetelmät dokumentoidaan.

#### OPASTAVIA TIETOJA

Kalvon muodostavia tilapäisiä korroosionestoaineita ovat mm:

- emulgoivat ruosteenestoaineet
- ruosteenestoöljyt
- ruosteenestonesteet, joista muodostunut kalvo voi olla vahamainen, lakkamainen, öljymäinen tai rasvakalvo
- ruosteenestorasvat sekä
- lämpimänä levitettävät kiinteät ruosteenestoaineet, kuten vaseliinit, vahat ja sulatemuovit.

Levitysmenetelmiä ovat mm:

- ruiskuttaminen
- lastalevitys
- kastaminen
- sively tai harjaaminen ja
- sisäinen täyttö.

Kaasuvaasi-inhibiittejä käytettäessä tulee niille ja niiden käytölle asetetut vaatimukset selvittää hankekohtaisesti.

### 3.9.14 Pintakäsittelyjen tarkastus

A.1 F.7.3 Vertailualueet käytettävälle korroosionestojärjestelmille rasisitusluokissa C3...C5 ja Im1...Im3

Liikenneviraston silloissa ei käytetä vertailualueita, ellei erikseen urakka-asiakirjoissa ole sovittu. Seuraavassa kohdassa LIVI F.7 on esitetty käytettävät tarkastus- ja hyväksyntävaatimukset.

LIVI F.7 Maalattujen pintojen tarkastus ja hyväksyntä

Kaikista tarkastuksista ja mittauksista tehdään pöytäkirja, joka liitetään laatuporttiin. Pöytäkirjamalleja on esitetty SILKO-ohjeen 1.351 liitteessä 4, standardissa SFS-ISO 19840 liitteessä E ja standardin SFS-EN ISO 12944-8 liitteessä B.

Korroosionestomaalauksen vaatimuksenmukaisuus osoitetaan ja raportoidaan tämän ohjeen ja standardin SFS-EN 1090-2 mukaisesti.

Pintakäsittelylle tehdään ja raportoidaan seuraavat tarkastukset:

- visuaalinen tarkastus SILKO 1.351 mukaan
- kuivakalvon paksuus: standardin SFS-ISO 19840 mukaan
- tartuntavetokoe SILKO 1.351 mukaan

Tarkastusta varten rakenne jaetaan tarkastusalueisiin (ks. liite 2). Yhden tarkastusalueen koko on tyypillisesti 200...500 m<sup>2</sup>. Pääkannattimien tulee olla jäljitettävissä tarkastusalueiden raportoinnissa. Poikkirakenteita voidaan yhdistää samaan tarkastusalueeseen. Tarkastusalueet tulee esittää pintakäsittelysuunnitelmassa.

#### *Visuaalinen tarkastus*

Visuaalinen tarkastus suoritetaan maalatuille pinnoille 100 %:sti.

Arvosteltavia asioita ovat mm. pinnan värisävy, kiiltoaste, rypistyminen, valuminen, karheus, huokoisuus, kupliminen, halkeilu, tasaisuus ja maalaamattomat alueet. Pinnoitteen kiiltoa ja tasaisuutta arvosteltaessa otetaan pohjan mahdollinen epätasaisuus huomioon. Maalipinnoitteen arviointi sekä virhetyyppien esiintymisen voimakkuuden, määrän ja koon arviointi tehdään standardin SFS-EN ISO 4628 osien 1...6 mukaisesti.

Maalipinnat pitää puhdistaa 100 %:sti betonivalumista ja muista epäpuhtauksista.

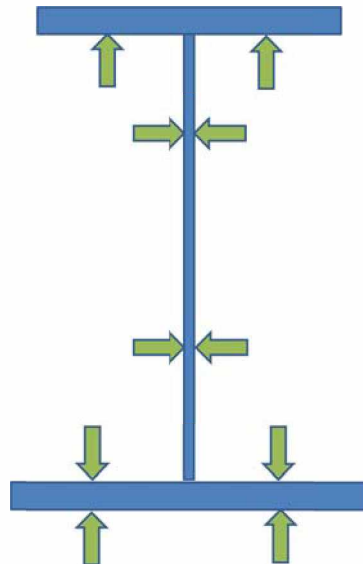
*Maalikalvonpaksuuden mittaukset*

Maalikalvon paksuuden mittaukset tehdään standardin SFS-ISO 19840 mukaan. Jokaiselta tarkastusalueelta tehdään mittaukset standardin SFS-ISO 19840 taulukon 1 osoittaman määrän mukaisesti.

Mittauksia tulee suorittaa tasaisesti rakenteen eri osista. I-palkeilla mittausten tulee kattaa seuraavat kohdat (ks. kuva 11):

- ylälaipan alapinta
- uuman molemmat pinnat
- alalaipan ala- ja yläpinta

Lisäksi erillismittauksia tulee tehdä kriittisistä kohteista, kuten laippojen reunat, notsikolot, kiinnityslevyjen alapinnat.



Kuva 11. Kuivakalvonpaksuuksien mittapisteet valitaan kattavasti erityyppisiltä pinoilta; esimerkki I-palkin tapauksessa.

Vaativuuden mukaisuusmittaukset raportoidaan standardin SFS-ISO 19840 vaatimuksista poiketen

- pohjamaalista
- valmiista maalijärjestelmästä
- erikseen työmaalla tehtävistä paikkamaalauksista

Olosuhdetiedot tarkastetaan ja dokumentoidaan työvuorittain vähintään työn aloitus- ja lopetusvaiheissa. Olosuhdetiedot dokumentoidaan suihkupuhdistus- ja maalaustyövaiheista.

Paikallisen kalvonpaksuuden eli mittausalueiden kalvonpaksuusmittaustulosten keskiarvon pitää jokaisella vertailualueella olla vähintään nimelliskalvonpaksuus, ja keskiarvo saa olla enintään kaksi kertaa nimelliskalvonpaksuus.

Yksittäisen kalvonpaksuuden mittaustuloksen mittausalueella (kolmen yksittäisen mittaustuloksen keskiarvon) pitää olla vähintään 80 % nimelliskalvonpaksuudesta, ja se saa olla enintään kolminkertainen nimelliskalvonpaksuuteen verrattuna.

Jos edellisissä kohdissa esitetyt vaatimukset eivät täyty, menetellään seuraavasti:

- Jos tarkastusalueelta mitattu paikallinen kalvonpaksuus on alle nimelliskalvonpaksuuden, kyseinen tarkastusalue mitataan kokonaisuudessaan ja nimelliskalvonpaksuuden alittavat alueet kartoitetaan ja korjataan.
- Jos tarkastusalueelta mitattu paikallinen kalvonpaksuus on yli kaksinkertainen nimelliskalvonpaksuuteen verrattuna, kyseinen tarkastusalue mitataan kokonaisuudessaan, ylittävät alueet korjataan ja niiden kuntoa seurataan, ellei sovita arvonvähennysmenettelyä.
- Jos tarkastusalueelta mitatut yksittäiset kalvonpaksuudet ovat yli kolminkertaisia, kyseinen tarkastusalue mitataan kokonaisuudessaan, ja ylittävät alueet kartoitetaan ja korjataan. Tämä korjausvaatimus ei koske kohtia, joissa maalausteknisesti ei ole voitu välttää ylimäärisiä, päällekkäisiä maalikerroksia. Maalikerrosten lukumäärä voidaan varmistaa kiilauran leikkauksella menetelmällä (SFS-EN ISO 2808, menetelmä 5B).

Korjausmaalaus tehdään alkuperäisen maalausjärjestelmän mukaisesti vaadittuun kuivan maalikalvon paksuuteen noudattaen maalien tuoteselosteiden ohjeita ja vaatimuksia. Tarkentavia tietoja on esitetty SILKO-ohjeessa 1.351.

#### *Tartuntavetokokeet*

Tartuntakokeita on tehtävä valmiiksi pinnoitetusta rakenteesta 3 kpl jokaista alkavaa 1000 m<sup>2</sup> kohti ja vähintään 6 kpl. Tartuntavetokokeet tulee tehdä siltarakenteesta, mikäli tilaajan kanssa ei ole muuta sovittu.

Tartuntavetokokeiden hyväksyntäkriteerit eri maalausjärjestelmille on esitetty SILKO 1.351:ssä.

Vetokokeita tehtäessä maalikalvojen on oltava kuivia ja kovettuneita. Ellei maalityypin ominaisuudet muuta salli,

pidetään kuukauden kuivumisaikaa optimiolosuhteissa (lämpötila n. +23 °C ja suhteellinen kosteus n. 50 %) riittävänä. Jos olosuhteet poikkeavat edellä mainitusta, on maalin valmistajan ilmoitettava kokeissa sovellettavan kuivumisajan.

- A.2 F.7.3 Voidaanko vertailualueet jättää esittämättä korroosionestojärjestelmille rasitusluokissa C3-C5 ja Im1-Im3

Liikenneviraston silloissa ei käytetä standardin SFS-EN 12944-7 mukaisia vertailualueita. Kohdassa LIVI F.7 on esitetty käytettävät tarkastus- ja hyväksyntävaatimukset.

**OPASTAVIA  
TIETOJA**

Vertailualueita voidaan käyttää hankekohtaisesti sovittaessa.

Vertailualueita on käsitelty standardin SFS-EN ISO 12944-7 kohdassa 7 ja standardin SFS-EN ISO 12944-8 liitteessä B.

- LIVI F.7.4 Sinkityiltä rakenteilta edellytettävät laatuvaatimukset

Sinkitys kuuluu osana rakennetta CE-merkinnän piiriin. Sinkityslaitokselta edellytetään sertifioitua laadunvarmistusmenettelyä.

Kuumasinkityksestä annetaan todistus tai vastaavat tiedot standardin SFS-EN ISO 1461 liitteen A.3 mukaisesti vaatimustenmukaisuuden toteamista varten. Todistuksessa selvitetään ainakin seuraavat:

- esikäsitteilyt
- peittauksen eri vaiheet ja käytetyt aineet
- sinkin lämpötila
- linkous tai muu viimeistely
- visuaalinen tarkastus
- sinkkikerroksen paksuuden mittaustulokset
- muoto- ja mittatarkkuus, jos rakenteen muoto on muuttunut oleellisesti kuumasinkityksessä
- laatuvaatimusten alitukset ja niiden sijainti ja korjaustapa sekä käsittelylaitos ja laadusta vastaavan henkilön nimi.

- A.2 F.7.4 Voidaanko kuumasinkittyjen kokoonpanojen sinkityksen jälkeinen LMAC-tarkastus jättää tekemättä

Ajoneuvo- ja raideliikenteen siltojen väsytyskuormitetuille kuumasinkityille rakenneosille edellytetään tehtäväksi 100 %:n silmämääräinen LMAC-tarkastus. Tarkastusmenetelmät ja -laajuus esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Kriittisimmille kohdille voidaan sillan rakennussuunnitel-

	<p>massa esittää tehtäväksi lisäksi soveltuva NDT-tarkastus (yleensä MT-testaus). Tarkastus dokumentoidaan SFS-EN 1090-2 ohjeita soveltaen.</p>
OPASTAVIA TIETOJA	<p>LMAC = liquid metal assisted cracking</p> <p>Siltojen kuumasinkityille osille suositellaan tehtäväksi 100 %:n silmämääräinen LMAC-tarkastus, jos alempana esitettyjä riskitekijöitä esiintyy. Tarkastusvaatimus esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.</p> <p>Havaitut halkeamat korjataan laadittavan suunnitelman mukaan tai tarvittaessa kokoonpano korvataan uudella siten, että halkeaman syy pyritään ensin selvittämään ja poistamaan uudessa kokoonpanossa.</p> <p>Sinkittävän kokoonpanon LMAC-halkeiluriskiä lisääviä tekijöitä ja halkeilun kannalta kriittisiä alueita ovat mm seuraavat:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• suuret ainevahvuuserot (paksuussuhde &gt; 2.5:1)</li><li>• epäsymmetriset poikkileikkaukset</li><li>• valssattujen profiilien loveukset</li><li>• jäykistetyt nurkkaliitokset</li><li>• pitkät yhtenäiset hitsisaumat</li><li>• suuret hitsien a-mitat</li><li>• hitsisaumojen epätasainen jakautuminen kokoonpanon painopisteen suhteen</li><li>• epätasaisesti jakautuneet jäännösjännitykset</li><li>• paikallinen jäykkyyden vaihtelu detaljeissa</li><li>• lävistämällä tehdyt reiät paksuissa materiaaleissa (ainevahvuus &gt; 12 mm)</li><li>• korkealujuuksiset materiaalit</li><li>• kylmämuovaus</li><li>• materiaalin korkea CEV-arvo</li><li>• epäpuhtaudet teräksessä</li><li>• epäpuhtaudet sinkissä</li><li>• tavallista pitemmät kastoajat sinkityksessä.</li></ul>

## 3.10 Toleranssit (SFS-EN 1090-2, luku 11)

### 3.10.1 Yleistä

#### LIVI 11.1 Yleiset vaatimukset mittauksille ja toleransseille

Ennen vaatimustenmukaisuusmittauksia tarkastetaan, että rakenne on oikein tuettu eikä siihen kohdistu ylimää räisiä kuormia. Rakenteen eri osien ja ilman lämpötilat tarkistetaan ja niiden vaikutus rakenteiden mittoihin määritetään.

Siltarakenteiden mitat ja muodot tarkastetaan tämän luvun sekä InfraRYL kohdan 42001.2 mukaisesti sillan rakennussuunnitelmassa esitetyissä vaiheissa. Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty siltarakenteiden erityistoleranssit. Toleranssit on annettu rakenneosille (5), kokoonpanoille sekä valmiille rakenteelle (6).

Luokka 1 tarkoittaa enimmäispoikkeamaa. Toleranssin ylityksestä laaditaan aina poikkeamaraportti ja poikkeaman vaikutus rakenteeseen selvitetään. Mikäli toleranssin ylitys vaikuttaa sillan toiminnallisuuteen, ulkonäköön tai kestävyteen korjataan poikkeama aina, muussa tapauksessa voidaan hankekohtaisesti sopia arvonvähennysmenettelystä.

Luokka 2 tarkoittaa sallittua poikkeamaa. Jos mittaustulos ylittää tämän raja-arvon, selvitetään sallittua suuremman poikkeavuuden esiintymisalue ja korjataan rakenneosa hyväksyttävällä tavalla tai sovitaan arvonvähennysmenettelystä. Mikäli poikkeamalla ei ole vaikutusta sillan toiminnallisuuteen, kestävyteen tai ulkonäköön on hankekohtaisesti myös mahdollista sopia poikkeaman korjaamatta jättämisestä. Liikennevirastolla on kuitenkin aina oikeus vaatia rakenneosan korjaamista.

**OPASTAVIA  
TIETOJA** Osien mitat on annettu rakennepiirustuksissa lämpötilassa +20 °C, ellei muuta mittauslämpötilaa ole annettu. Osien mitat ovat teoreettisia, joten mahdolliset työvarat, rai-  
lot, hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset ym. valmistukseen liittyvät tekijät on otettava osien mitoissa huomioon.

#### A.1 11.1 Erityistoleransseihin liittyvät lisätiedot, jos erityistoleransseja esitetään

Kohdassa 3.10.2 on esitetty siltojen rakenneosille noudatettavat mittatarkkuusvaatimukset (olennaiset ja toiminnalliset valmistustoleranssit).



Kohdassa 3.10.3 on esitetty siltojen kokoonpanoille noudatettavat mittatarkkuusvaatimukset (olennaiset ja toiminnalliset valmistustoleranssit).

Kohdassa 3.10.4 on esitetty valmiille siltaranteille noudatettavat mittatarkkuusvaatimukset (olennaiset ja toiminnalliset valmistustoleranssit).

Edellä mainittujen lukujen taulukoissa esitetyt mittatarkkuusvaatimukset (toleranssit) ovat SFS-EN 1090-2 kohdan 11.1 tarkoittamia erityistoleransseja ja niitä sovelletaan em. taulukoissa esitettyihin mittoihin. Jos nämä ovat ristiriidassa SFS-EN 1990-2 liitteen D.2 taulukossa esitettyjen toleranssien kanssa, pätevät tässä ohjeessa esitetyt toleranssien arvot.

Ellei rakenneosilta taulukossa 5 vaadita parempaa tarkkuutta, on aineskappaleiden täytettävä seuraavat suoruusvaatimukset:

- levyjen ja lattatankojen aaltomaisuuden korjausrajat ovat tämän ohjeen kohdan 4.10.1 mukaiset.
- muototankojen käyryyden sallittu poikkeama korjausraja on  $L/1000$ .

OPASTAVIA TIETOJA Sillan rakennussuunnitelmassa voidaan määritellä lisäksi siltakohtaisesti noudatettavia erityistoleransseja.

### 3.10.2 Rakenneosien valmistustoleranssit

#### LIVI 11.2.2 Rakenneosien valmistustoleranssit

Valmistajan on mitattava ja raportoitava tilaajalle kaikki taulukossa 5 esitetyt mitat tässä ohjeessa esitettyssä laajuudessa.

Valmistuksen kannalta tarpeelliset taulukossa 5 esitetyt mitat raportoidaan sisäisesti seuraavalle työvaiheelle.

Mittapöytäkirjaan kirjataan ainakin nimellismitta, sallitut poikkeamat tai raja-arvot ja mitattu mitta. Jos mitta tarkastetaan useammasta pisteestä, merkitään pöytäkirjaan ainakin kaikki raja-arvon ylittävät mitat tai lähinnä raja-arvoa oleva mitta. Ks. myös InfraRYL 42001.4.5.3.

Laippojen leveydet mitataan ja dokumentoidaan palkin molemmista päistä, keskeltä ja laipan leveyden muutoskohdissa. Laippojen kaltevuudet mitataan palkin päistä ja keskeltä.

Uuman korkeus, epäkeskeisyys, vinous ja vaakajäykisteiden sijainti mitataan ja dokumentoidaan palkin päistä ja keskeltä.

Uuman käyryys mitataan ja dokumentoidaan jokaisesta osakentästä sekä jokaisesta pystyjäykisteiden ja laippojen rajoittamasta kokonaiskentästä, tai ellei jäykisteitä ole, palkin neljännespisteistä. Laippojen ja uuman jäykisteiden aaltomaisuus mitataan ja dokumentoidaan palkin tai jäykisteen koko pituudelta.

Jäykisteiden leveys dokumentoidaan jokaisen jäykisteen tasaleveään osuuden päistä.

Laakerin kosketuspinnan tasomaisuus mitataan ja dokumentoidaan palkin suunnassa ja sitä vastaan kohtisuorassa suunnassa.

Uuman jatkosten yhteensopivuus mitataan ja dokumentoidaan uuman korkeuden neljäsosapisteissä ja laipan jatkosten yhteensopivuus laipan reunoilla.

Sauvan akselin käyryys tarkastetaan sauvan ulkopinnalta sauvan keskikohdalta kummankin pääjäyhysakselin suunnassa.

Sauvan epäkeskeisyys nurkassa ja nurkan poikkeama kannatintasosta mitataan jokaisessa ristikon nurkassa.

Vaatimustenmukaisuuden osoittamista, dokumentointia ja raportointia koskevat vaatimukset on esitetty kohdassa 3.11.3.

Osien yhteensopivuus tai rakennussuunnitelmassa esitetyt vaatimukset voivat edellyttää myös taulukossa esitettyä parempaa valmistustarkkuutta.

Jos kohdassa 3.10.4 esitettävän taulukon 6 koko rakennetta koskevien vaatimusten täyttäminen edellyttää alla esitettyä tiukempia vaatimuksia rakenteen osien mittapoikkeamille, on ne erikseen määriteltävä rakenneosia valmistettaessa.

#### *Poikkikannattimet*

Poikkikannattimien rakennekorkeus ja kallistuma mitataan kannattimien molemmista päistä. Jos poikkikannatin on palkki, muoto pystysuunnassa ja sivukäyryys mitataan kannattimien keskeltä. Jos poikkikannatin on ristikko, mitataan muoto pysty- ja vaakasuunnassa sekä ylä- että alapaarteen tasossa.

OPASTAVIA TIETOJA      Kotelopalkin pohjalevyn osalla taulukkoa 5 sovelletaan seuraavasti:

- pohjalevyn leveys vastaa laipan leveyttä, suhteelliset poikkeamat ovat puolet taulukon arvoista
- uuman aseman poikkeamaa laskettaessa  $b_1 =$  (pohjalevyn leveys – kotelon uumien väli)
- pohjalevyn käyryys vastaa uumalevyn käyryyttä ( $h_2$ ,  $h_1$  ja  $h_2$  vastaavia mittoja pohjalevystä)
- pohjalevyn pituusjäykiste vastaa uuman vaaka-jäykistettä
- pohjalevyn poikkijäykiste vastaa uuman pysty-jäykistettä
- pohjalevyn ulkoreunojen aaltomaisuus vastaa laipan aaltomaisuutta,  $b_1$  lasketaan kuten edellä.

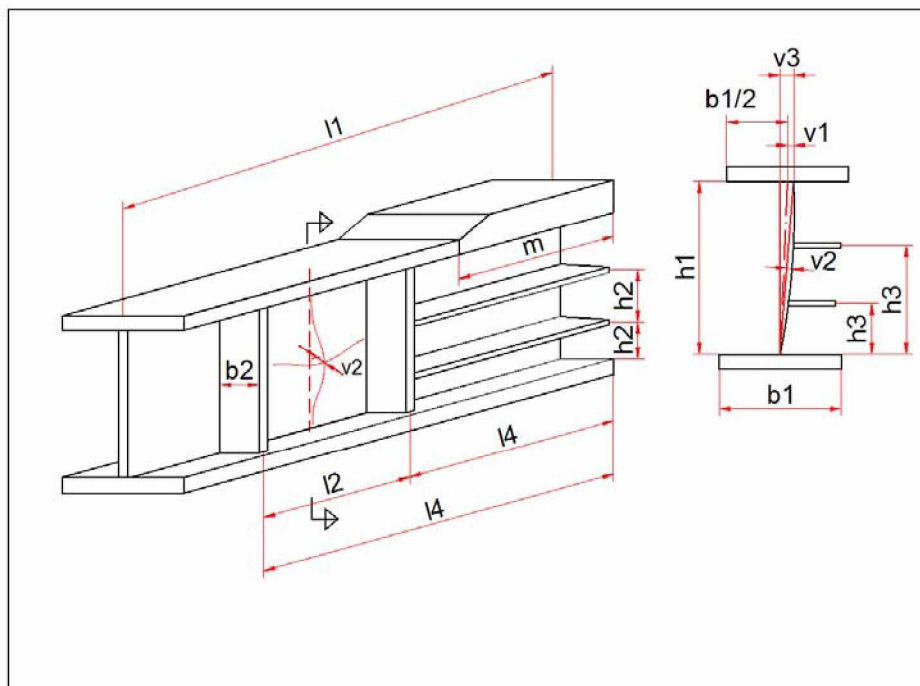
Taulukko 5. Rakenneosia koskevat erityistoleranssit Liikenneviraston kohteissa. Suluissa on esitetty SFS- EN 1090-2 mukaisen toleranssin kohta liitteessä D.

Poikkeama	Tun- nus	Kuva	Mitta- pituus	Suhteellinen poikkeama, % <sup>1)</sup>		Pienin poikkeama, mm <sup>1)</sup>		Huom.
				Luokka 2	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 1	
<b>Koko rakenneosan:</b>								
- pituus (D.2.7.1 ja .2)	Δl1	14	l1	±0.1	±0.2	±2	±4	
- muoto vaakasuunnassa (D.2.3.3)	f1 f8	14 19	l1 b4	0.05 0.1	0.1 0.2	4 4	8 8	18)
- muoto pystysuunnassa (D.2.7.3)	f2 f7	15 19	l1 b4	+0.1/-0.05 +0.1/-0.1	+0.2/-0.1 +0.2/-0.2	4/-2 4/-4	8/-4 +8/-8	2)
- kiertymä (D.2.4.2)	f3	16 16	l1 b3	0.1 0.25	0.2 0.5	4	8	3) 4)
<b>Uuman/rakenneosan:</b>								
- korkeus (D.2.1.1)	Δh1, Δh5	12,19	h1,h5	±0.25	±0.5	±4	±8	5,17)
- vinous (D.2.1.6)	v3	12	h1	0.5	1.0	2	4	5)
- asema (D.2.1.3)	v1	12	b1	0.5	1.0	4	8	5)
- käyryys (D.2.5.1 ja .2 ja .3)	v2	12	h2,h1,l2	0.5	1.0	2	4	5,6)
- jatkosyhteensopivuus	ep	18	t	10	20	1	2	11)
<b>Laipan:</b>								
- leveys (D.2.1.2)	Δb1	12	b1	+1.0/-0.25	+2.0/-0.5	-4	8/-2	5,7)
- kaltevuus (D.2.1.4 ja D.2.1.5)	k	17	b1 b1/2	0.5 0.5	1.0 1.0	2 1	4 2	8) 8)
- aaltomaisuus (D.2.3.1 ja D.2.3.2)	g	13 12	l3 b1	0.25 0.5	0.5 1.0	2	4	9) 10)
- jatkosten yhteensopivuus:								
- paksuussuunnassa	ep	18	t	5.0	10.0	1	2	11)
- leveyssuunnassa	el	18	b1	1.0	2.0	3	6	7,12)
<b>Jäykisteen:</b>								
- leveys	Δb2	12	b2	+2.0/-0.25	+4.0/-1.0	4/-1	+8/-2	7)
- asema / vaakajäykiste (D.2.6.3)	Δh3	12	h1	±0.25	±0.5	±5	±10	5)
- asema / pystyjäykiste (D.2.6.5.3)	Δl4	12	l1	±0.05	±0.1	±10	±20	13,14)
- aaltomaisuus (D.2.11.2)	g	13 12	l3 b2	0.25 1	0.5 2.0	2	4	9) 10)
<b>Sauvarakenteet lisäksi:</b>								
- sauvan akselin käyryys (D.2.10.3)	fg	20	S	0.1	0.2	5	10	15)
- sauvan epäkeskisyyden liitoksessa (~D.2.10.4 ja .5)								
- rakenteen tasossa	e1	20	d3			10	20	16)
- rakenteen tasosta	e2	20		2	4	2	4	16)
<b>Muut toleranssit:</b>								
Laipan ja uuman jatkoksen ja poikkileikkausmuutoksen sijainti sillan pituussuunnassa	Δm	12	l1	±0.1	±0.2	±20	±50	
Laakerin vastinpinnan tasomaisuus (~D.2.1.4 soveltaen)						0.5	1	19)

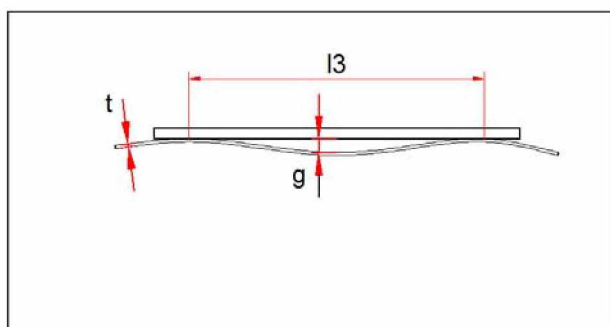
**Standardin SFS-EN 1090-2 soveltamisohje  
Teräsrakenteiden toteutus - NCCI T**

---

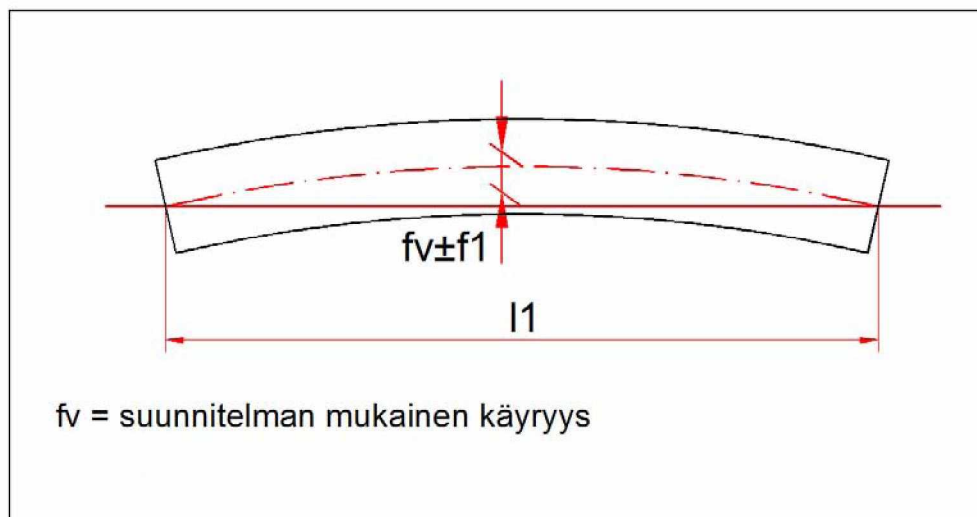
- 1) Suhteellinen poikkeama tarkoittaa ilmoitettua prosenttiosuutta mittapituudesta. Taulukossa esitettyä pienintä poikkeamaa pienempää sallitun poikkeaman tai enimmäispoikkeaman arvoa ei vaadita. Jos suhteelliselle poikkeamalle ei anneta arvoja, pienimmän poikkeaman arvoja käytetään sallittuna poikkeamana ja hylkäysrajana.
- 2) Positiivinen poikkeama tarkoittaa ylöspäin ja negatiivinen alaspäin.
- 3) Mitta  $f_3$  tarkoittaa uumien kohdilta mitattujen alapinnan korkeuksien eroa.
- 4) Tätä käytetään, jos antaa pienemmän arvon kuin  $l_1:n$  perusteella saatu.
- 5) Rakenneosien yhteensovittaminen voi edellyttää pienempiä mittapoikkeamia.
- 6) Käyryysvaatimus koskee jokaista mittapituutta ( $h_2$ ,  $h_1$  ja  $l_2$ ). Pienempi kutakin osa-/kokonaiskenttää koskevista poikkeamavaatimuksista on määräävä.  $h_2$  = vierekkäisten vaakajäykisteiden välinen etäisyys tai alimman tai ylimmän vaakajäykisteen etäisyys lähimmästä laipasta.
- 7) Jatkosten kohdalla liitettävien levyjen leveysvirhe on tasattava lineaarisesti matkalla  $10 \cdot \text{leveys}$ .
- 8) Laipan muoto ei saa olla sellainen, että se keräisi vettä seisomaan rakenteen päälle.
- 9) Mittapituus  $l_3$  voidaan valita mielivaltaisesti. Aaltomaisuus mitataan laipan/jäykisteen reunalla.
- 10) Tätä käytetään, jos antaa pienemmän poikkeaman kuin  $l_3:n$  perusteella saatu.
- 11) Mittapituutena  $t$  käytetään paksumman liitettävän levyn paksuutta.
- 12) Mittapituutena  $b_1$  käytetään leveämmän liitettävän laipan leveyttä.
- 13) Ellei liittyminen muihin rakenteisiin (ristikot, laipat) edellytä suurempaa tarkkuutta.
- 14) Ei koske tukijäykisteiden asemia, vaan niiden aseman poikkeamat on määritelty erikseen taulukossa 6; tunnus  $e_3$ .
- 15) Mittapituus  $S$  on varsinaisen sauvan pituus.
- 16) Epäkeskisyys tarkoittaa ko. sauvan painopisteakselin kohtisuoraa etäisyyttä kahden muun sauvan painopisteakselien leikkauspisteestä. Saman nurkan epäkeskisyysistä suurin on määräävä.
- 17) Rakennekorkeudella tarkoitetaan kantavan teräsrakenteen rakennekorkeutta tai sauvarakenteilla ns. systeemikorkeutta.
- 18) Poikkikannattimissa sivukäyryys tarkoittaa levypalkkirakenteen sivukäyryyttä, jolloin mittapituutena  $b_4$  käytetään kannattajien väliä tai kaksinkertaista ulokepituutta. Muissa rakenneosissa mittapituutena käytetään kannattimen pituutta  $l_1$ . Sauvarakenteisen poikkikannattajan käyryydet käsitellään 'sauvojen akselin käyryytenä'.
- 19) Poikkeama koskee laakerin ylälevyn ja päällysrakenteen liitospintaa. Poikkeama tarkoittaa suurinta poikkeamaa (poikkeus huomautukseen 1). Rakennussuunnitelmassa voidaan asettaa tiukempia vaatimuksia poikkeamalle.



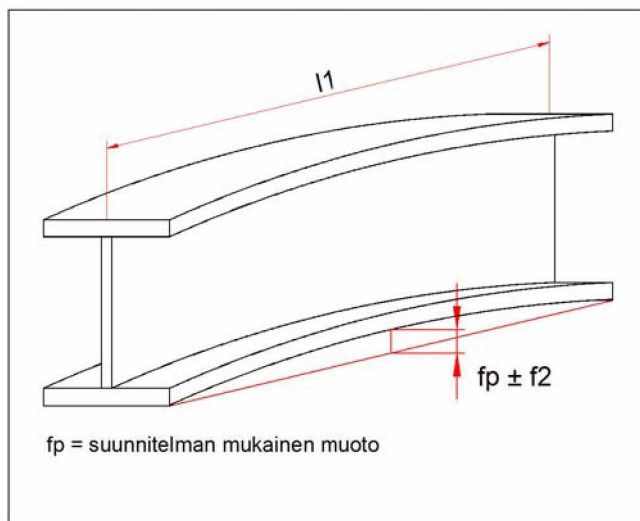
Kuva 12. Palkin poikkileikkausmitat



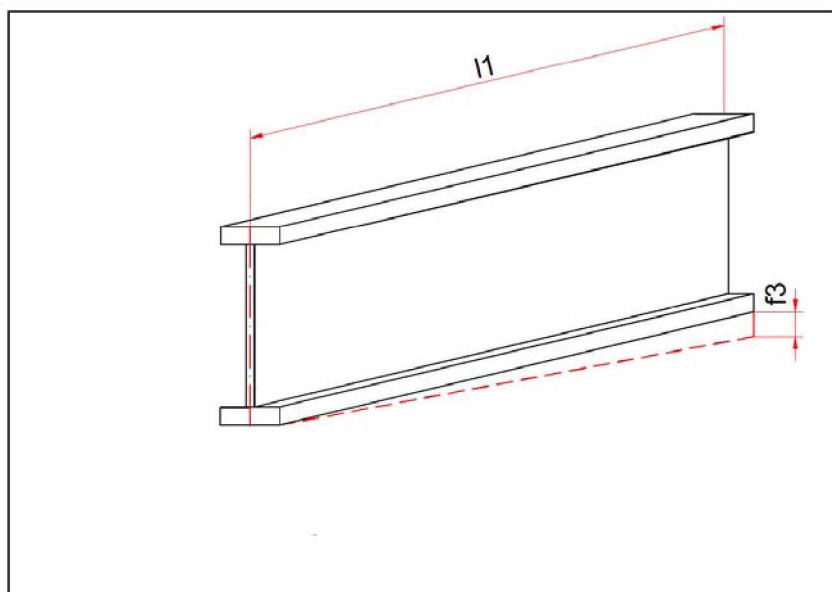
Kuva 13. Uuman jäykisteen tai laipan reunan aaltomaisuus, kannattajan sivukäyryys.



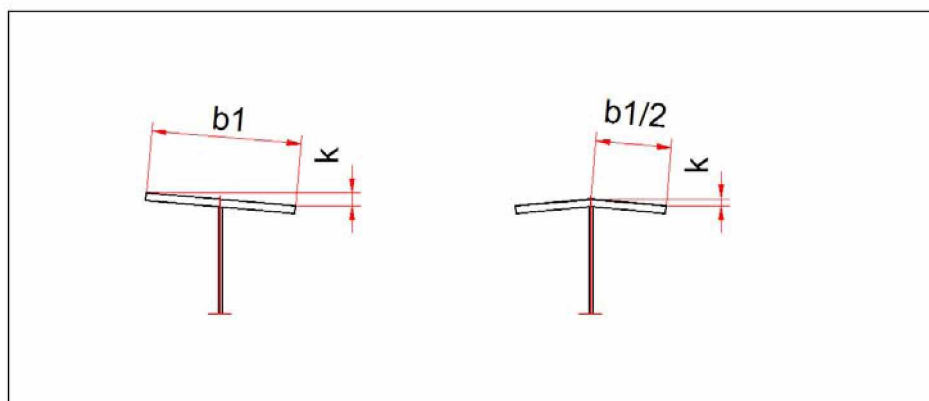
Kuva 14. Laipan pituus ja sivuttaiskäyryys.



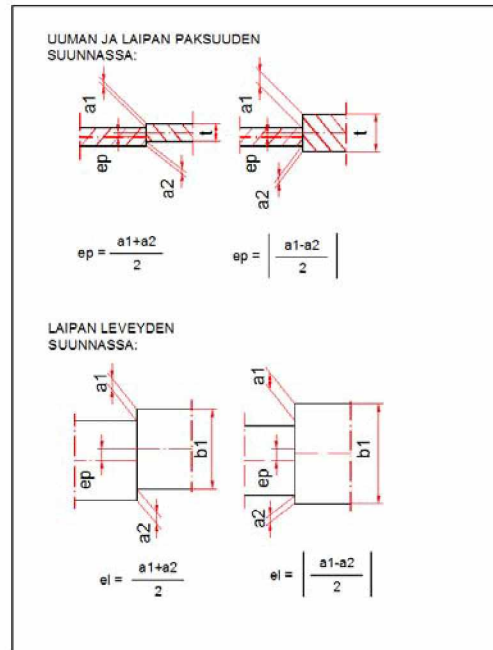
Kuva 15. Rakenneosan muoto pystysuunnassa.



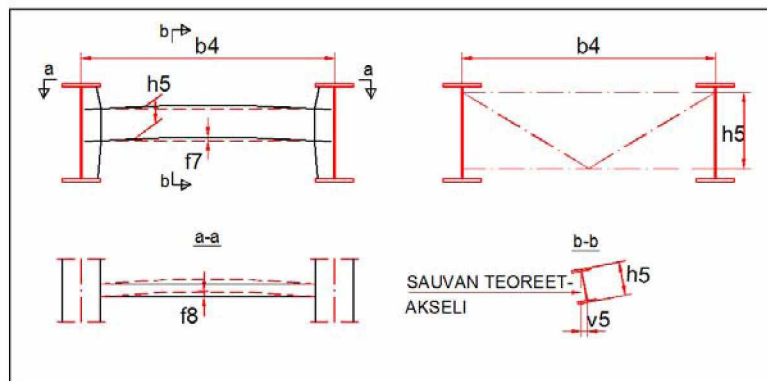
Kuva 16. Kiertymä.



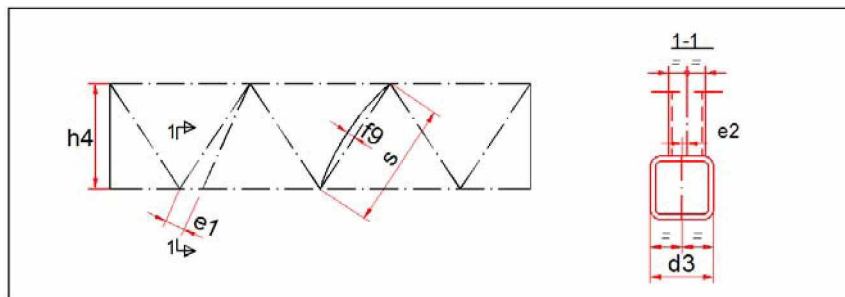
Kuva 17. Laipan kaltevuus.



Kuva 18. Yhteensopivuus uuman ja laipan jatkoksissa.



Kuva 19. Poikkikannattimet.



Kuva 20. Sauvarakenteet.



### 3.10.3 Kokoonpanon mittatarkkuus

#### LIVI 11.2.3 Kokoonpanon mittatarkkuus

Kokoonpanolla tarkoitetaan rakenneosien muodostamia kokoonpanoja, kuten asennuslohkoja. Kokoonpanotyö voidaan suorittaa tehtaalla tai asennuspaikalla. Mikäli kokoonpanotyö suoritetaan suoraan lopulliseen siltapaikkaan ja -asemaan, noudatetaan tämän kohdan ohjeita yhdessä kohdan LIVI 11.2.4 kanssa.

Kokoonpanojen mitta- ja muotoepäsuoruuksien sallitut arvot ja enimmäisepäsuoruuksien arvot ovat taulukon 6 mukaiset. Ristikorakenteisen pääkannattajan osalta dokumentoidaan lisäksi taulukon 5 mukaisesti sauvan akselin käyryys ja epäkeskisyys liitoksessa.

Mittauspöytäkirjaan kirjataan ainakin nimellismitta, sallitut epäsuoruuksien arvot tai raja-arvot ja mitatut mitat. Jos mitta tarkastetaan useammasta pisteestä, merkitään pöytäkirjaan ainakin kaikki raja-arvon ylittävät mitat tai lähinnä raja-arvoa oleva mitta. Ks. myös kohta InfraRYL 42001.4.5.

#### *Pääkannattimet*

Kannattimien rakennekorkeus mitataan ja dokumentoidaan jokaisen poikkikannattimen ja jatkosten kohdalta.

Kannattimien sivukäyryys, välit ja kallistumat tarkastetaan ja dokumentoidaan poikkipalkkien ja/tai -ristikoiden kohdilta.

Kannattimen muoto pystysuunnassa tarkastetaan kohdilta, joille rakennussuunnitelmassa on annettu korkeustiedot.

#### *Poikkikannattimet*

Poikkikannattimien kallistuma ja kannattimien väliset etäisyydet sekä asemat lähimpiin tukiin nähden mitataan kannattimien molemmista päistä. Jos poikkikannatin on ristiko, mitataan etäisyydet ja asemat sekä ylä- että alapäänteiden tasossa.

OPASTAVIA  
TIETOJA Kannattimien sivukäyryys, keskinäiset etäisyydet ja kallistuma tarkastetaan yleensä:

- ennen poikkirakenteiden paikoilleen asennusta
- kun ko. osa rakennetta on koottu lopulliseen muotoonsa

Jos rakenteen muodon mittatarkastuksissa tarvitaan ristimittoja, joita ei ole esitetty rakennussuunnitelmassa, niiden arvot lasketaan suunnitelmissa annettujen mittojen perusteella.

### 3.10.4 Lopullisen rakenteen mittatarkkuus

#### LIVI 11.2.4 Lopullisen rakenteen mittatarkkuus

Lopullisella rakenteella tarkoitetaan valmiin sillan teräsrakennetta, joka koostuu asennuslohkoista ja/tai rakennusosista. Kokoonpanovaiheen mittauksia ei toisteta, vaan ne toimivat lähtötietoina lopullisen rakenteen mittauksille ja niiden dokumentoinnille.

Sillan, jossa on teräsrakenteita, on valmiina täytettävä InfraRYLin kohdassa 42001.2 asetetut sillan yleiset mitta- ja muototarkkuusvaatimukset.

Asennetun teräsrakenteen mitta- ja muotoepöikkeamien sallitut arvot ja enimmäisepöikkeamat ovat taulukon 6 mukaiset.

Teräsrakenteen asentajan on mitattava ja raportoitava tilaajalle kaikki taulukossa 6 esitetyt mitat tässä ohjeessa esitetyssä laajuudessa.

Mittauspöytäkirjaan kirjataan ainakin nimellismitta, sallitut epöikkeamat tai raja-arvot ja mitatut mitat. Jos mitta tarkastetaan useammasta pisteestä, merkitään pöytäkirjaan ainakin kaikki raja-arvon ylittävät mitat tai lähinnä raja-arvoa oleva mitta. Ks. myös kohta InfraRYL 42001.4.5.

#### *Pääkannattimet*

Sillan jännemitat mitataan ja dokumentoidaan kunkin pituuskannattimen kohdalta. Jännemitta on peräkkäisten tukien tukijäykisteiden painopisteakselin vaakasuora etäisyys kannatinta pitkin mitattuna.

Kannattimien rakennekorkeus mitataan ja dokumentoidaan tukien ja jatkosten kohdalta.

Kannattimien sivukäyryys, välit ja kallistumat tarkastetaan poikkipalkkien ja/tai -ristikoiden kohdilta ja dokumentoidaan tukien ja jatkosten kohdalta.

Kannattimen muoto pystysuunnassa tarkastetaan kohdilta, joille rakennussuunnitelmassa on annettu korkeustiedot. Muoto dokumentoidaan InfraRYL kohdan 42001.2.4 mukaisesti. Mittaukset tehdään kannattimen ylä- tai alalaipan tasossa. Mittatulokset dokumentoidaan kuitenkin aina yläpinnan tasossa.

Kannattimen muoto ja asema dokumentoidaan, kun teräsrakenne on valmis ja asennettu lopulliseen asemaansa sekä koko rakenteen ollessa valmis.

Kannattimien keskinäinen korkeusero dokumentoidaan jatkosten ja tukien kohdilta.

Ristikkorakenteisen pääkannattajan osalta dokumentoidaan lisäksi taulukon 5 mukaisesti sauvan akselin käyryys ja epäkeskisyys liitoksessa.

Laakereiden asema teräsrakenteeseen ja tukiin sekä laakereiden asennusennakot tarkastetaan ja dokumentoidaan.

OPASTAVIA TIETOJA Pääkannattimien muoto tarkistetaan yleensä:

- jännityksettömässä tilassa ennen ja jälkeen lohkojen yhteen hitsaamisen
- sen jälkeen, kun teräsrakenne on asennettu lopulliseen asemaansa
- kun rakenne on täysin valmis.

Muoto tarkistetaan kuitenkin aina kaikissa niissä vaiheissa, joihin rakennussuunnitelmassa on annettu korkeustiedot.

Kannattimien sivukäyryys, keskinäiset etäisyydet ja kallistuma valmiissa rakenteessa tarkastetaan yleensä:

- teräsrakenteen ollessa lopullisessa asemassaan sekä
- täysin valmiista rakenteesta.

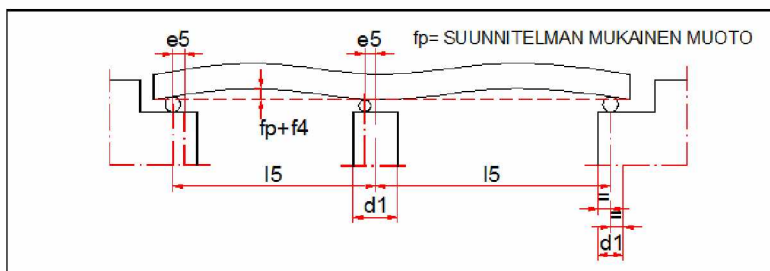
Jos rakenteen muodon mittatarkastuksissa tarvitaan ristimittoja, joita ei ole esitetty rakennussuunnitelmassa, niiden arvot lasketaan suunnitelmissa annettujen mittojen perusteella

Taulukko 6. Valmista rakennetta koskevat erityistoleranssit Liikenneviraston kohteissa.  
Suluissa on esitetty SFS- EN 1090-2 mukaisen toleranssin kohta liitteessä D.

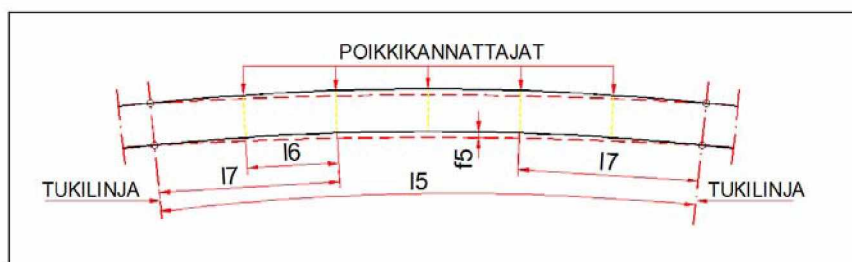
Poikkeama	Tunnus	Kuva	Mittapituus	Suhteellinen poikkeama % <sup>1)</sup>		Pienin poikkeama mm <sup>1)</sup>		Huom.
				Luokka 2	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 1	
<b>Pääkannattajat:</b>								
- jännemitat (~D.2.15.1)	Δl5	21	l5	+0.1/-0.05	+0.2/-0.01	+50/-25	+100/-50	2)
- rakennekorkeus (~D.2.1.1)	Δh4	23	h4	±0.25	±0.5	±4	±8	3)
-muoto pystysuunnassa								
- janteen keskellä	f4	21	l5	+0.1/-0.05	+0.2/-0.1	±20	±40	15)
- neljäosapisteissä	f4	21	l5	+0.07/-0.04	+0.14/-0.07	±15	±30	4,15)
- muoto vaakasuunnassa <sup>15)</sup>								
- janteen keskellä	f5	22	l5	0.1	0.2	20	40	
- neljäosapisteissä	f5	22	l5	0.07	0.14	15	30	
- kallistuma	v4	23	h4	0.5	1.0	2	4	5, 15)
- kannattajien välinen etäisyys (D.2.4.1)	Δb4	23	b4	0.2	0.4	4	8	6)
- korkeusero samassa poikkileikkauksessa	f6	23	b4	0.25	0.5	4	8	7)
- laakerin vastinpinnan kaltevuus:								
- sillan suunnassa	ΔΦ1	24	F1			5	10	8)
- poikkisuunnassa	ΔΦ2	24	F2			5	10	8)
<b>Poikkikannattajat: <sup>14)</sup></b>								
- kallistuma	v5	19	h5	0.5	1.0	2	4	5)
- kannattajien välinen etäisyys	Δl6	22	l6	±0.25	±0.5	±10	±20	9)
- asema	Δl7	22	l7	±0.1	±0.2	±20	±40	10)
<b>Asema laakerin suhteen:</b>								
- sillan suunnassa	e3	24				20	40	11)
- sillan poikkisuunnassa	e4	24				10	20	11)
<b>Laakerin sijainti alusrakenteen suhteen:</b>								
- sillan suunnassa	e5	21,24	d1	1.0	2.0	20	40	12)
- sillan poikkisuunnassa	e6	23,24	d2	1.0	2.0	10	20	13)

- 1) Suhteellinen poikkeama tarkoittaa ilmoitettua prosenttiosuutta mittapituudesta. Taulukossa esitettyä pienintä poikkeamaa pienempää sallitun poikkeaman tai enimmäispoikkeaman arvoa ei vaadita. Jos suhteelliselle poikkeamalle ei anneta arvoja, pienimmän poikkeaman arvoja käytetään sallittuna poikkeamana ja enimmäispoikkeamana. '+'-merkkinen poikkeama tarkoittaa muodosta puhuttaessa poikkeamaa ylöspäin.
- 2) Sillan jännemittojen summalle sovelletaan pisimmän janteen mukaan laskettua arvoa (tai pienimmän poikkeaman arvoa). Jännemitalla tarkoitetaan teräsrakenteen tukijäkisteiden keski-kohtien välistä etäisyyttä. Yksittäisen janteen poikkeaman suurimmat arvot InfraRYL:n kohdan 42001.2.7 alakohdan 1 mukaan.
- 3) Rakennekorkeudella tarkoitetaan kantavan teräsrakenteen rakennekorkeutta tai sauva-rakenteilla ns. systeemikorkeutta.
- 4) Muodolla pystysuunnassa ja sivukäyryydellä tarkoitetaan teräksisten pääkannattajien pystysuuntaista ja vaakasuuntaista muotoa. Muoto mitataan aina jänteittäin sillan toteutuneiden tukien asemien suhteen. Sallittujen poikkeamien ja enimmäispoikkeamien arvot muissa pisteissä voidaan tarvittaessa interpoloida parabolisesti.

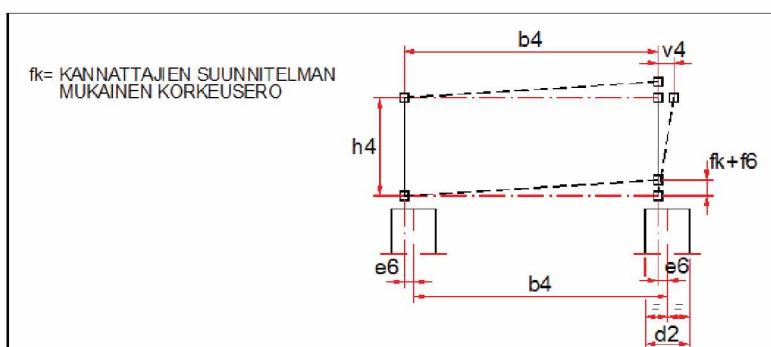
- 5) Kallistuma mitataan kannattajan teoreettisesta asemasta, joka ei välttämättä ole pystyasento.
- 6) Kannattajien välinen etäisyys mitataan kannattajien ylä- ja alareunalla. Jos kannattajia on useampia kuin kaksi, mitataan kaikkien vierekkäisten kannattajien välit sekä äärimmäisten kannattajien väli. Viimeksi mainitussa tapauksessa mittapituutena suhteellista poikkeamaa määrittäessä käytetään äärimmäisten kannattajien välistä teoreettista etäisyyttä.
- 7) Korkeusero tarkoittaa pääkannattajien alapinnoilta mitattujen korkeuksien eroja. Korkeus mitataan aina uuman kohdalta tai sauvarakenteissa alalaipan alapinnan keskilinjalta. Jos kannattajia on useampia kuin kaksi, mitataan kaikkien vierekkäisten kannattajien väliset korkeuserot sekä äärimmäisten kannattajien välinen korkeusero. Viimeksi mainitussa tapauksessa mittapituutena suhteellista poikkeamaa määrittäessä käytetään äärimmäisten kannattajien välistä teoreettista etäisyyttä.
- 8) Poikkeama tarkoittaa pääkannattajan alapinnan kaltevuuspoikkeamaa teoreettisesta, yksikkönä millimetri / metri (‰).
- 9) Mittapituutena l6 käytetään peräkkäisten poikkikannattajien teoreettista etäisyyttä.
- 10) Mittapituus l7 tarkoittaa teoreettista etäisyyttä lähimmän tuen poikkikannattajasta.
- 11) Etäisyys e3 mitataan tukijäkisteiden todelliselta painopisteakselilta tai sauvarakenteen todellisesta solmupisteestä. Etäisyys e4 mitataan kannattajan (uuman) keskilinjalta.
- 12) Mittapituus d1 on välituen pilarin sillan suuntainen mitta laakerin kohdalla tai maatuella teoreettisen laakerilinjan ja maatuen rintamuurin etureunan välinen etäisyys kaksinkertaisena.
- 13) Mittapituus d2 on välituen pilarin tukilinjaa suuntainen mitta, jos välituella on erilliset pilarit jokaisen laakerin kohdalla. Jos taas välituella on yksi seinämäinen pilari, mittapituus d2 on pilarin kokonaisleveys jaettuna laakerien lukumäärällä. Maatuella mittapituus d2 on puolet vierekkäisten laakerien välisestä tukilinjaa suuntaisesta etäisyydestä. Sallittu poikkeama on kuitenkin maa- ja välituella aina  $\leq 40$  mm ja enimmäispoikkeama  $\leq 80$  mm.
- 14) Muut poikkikannattajien rakennusosakohtaiset toleranssit on esitetty taulukossa 5.
- 15) Jännemitan ollessa alle 20 m riittää dokumentointi kannattimen päistä ja keskeltä.



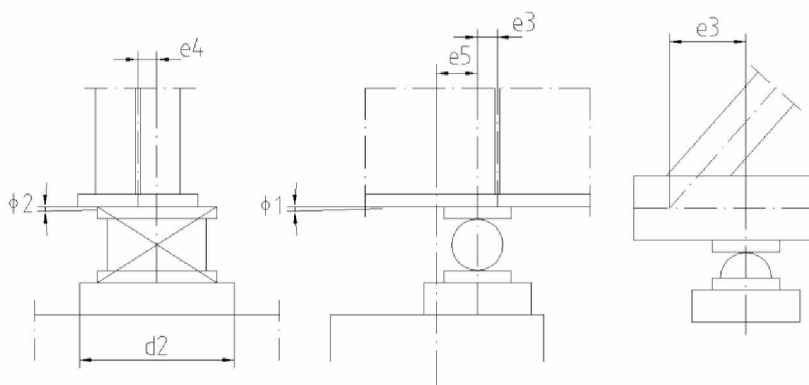
Kuva 21. Kannatinrakenne sivulta.



Kuva 22. Kannattimen sivukäyryys.



Kuva 23. Kannattajien korkeus, kallistuma, kannattajien välinen etäisyys ja korkeusero sekä sijainti alusrakenteisiin nähden sillan poikkisuunnassa.



Kuva 24. Palkin ja ristikon asema laakerin suhteen ja laakerin asema ja vastinpinnan kaltevuus.

- A.2 11.2.3.5 Kielletäänkö täytelevyjen käyttö ruuvikiinnitysten rakojen pienentämiseen, kun vaaditaan täyttä kosketusta

Täytelevyjen käytöstä tulee sopia hankekohtaisesti sillan suunnittelijan kanssa.

OPASTAVIA Yleensä täytelevyjä ei käytetä.  
TIETOJA

- A.1 11.3.1 Toiminnallisten toleranssien osalta noudatettava järjestelmä

Käytetään edellä olevien taulukoiden 5 ja 6 luokan 2 mukaisia arvoja.

OPASTAVIA Siltakohtaisesti voidaan määrätä noudatettavaksi joiltakin  
TIETOJA osin toiminnallisten toleranssien osalta SFS-EN 1090-2 kohdan 11.3.3 mukaisia vaihtoehtoisia kriteerejä.

A.2 11.3.3 Esitetäänkö käytettäväksi vaihtoehtoisia kriteerejä

Vaihtoehtoisia kriteerejä ei käytetä.

OPASTAVIA TIETOJA Kohdassa 11.3.3 esitettyjä vaihtoehtoisia kriteerejä voidaan käyttää hankekohtaisesti niin erikseen sovittaessa.

## 3.11 Tarkastus, testaus ja korjaukset (SFS-EN 1090-2, luku 12)

### 3.11.1 Yleistä

LIVI 12.1 Tarkastukset ja testaukset tehdään tämän sovellusohjeen ja standardin SFS-EN 1090-2 mukaisesti.

LIVI 12.1 Arvonmuutosperusteet

Jos mittaustulos (geometrian, pinnoituksen tai muun osalta) korjauksen jälkeen ylittää raja-arvon ja ei ole hankekohtaisesti sovittu arvonvähennysmenettelystä, noudatetaan arvonmuutosperusteiden määräyksessä voimassa olevaa Liikenneviraston ohjetta Sillanrakentamisen ja -korjaamisen arvonmuutosperusteet.

### 3.11.2 Käytettävät tuotteet ja kokoonpanot

A.2 12.2.1 Asetetaanko käytettävien tuotteiden testaamista koskevia erityisvaatimuksia

Erityistä tuotteiden testaamista ei esitetä, mikäli tuotteet ovat standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 5 mukaisia.

OPASTAVIA TIETOJA Mikäli on erityinen peruste, tuotteiden testaamista koskeva vaatimus esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

### 3.11.3 Valmistus: valmistettujen kokoonpanojen geometriset mitat

LIVI 12.3 Vaatimuksenmukaisuus osoitetaan tarkastus- ja mittauspöytäkirjoilla, jotka liitetään laaturaporttiin.

Rakenneosien ja valmiin rakenteen mittauksesta laaditaan pöytäkirjat, joihin merkitään luvun 3.10 mukaisesti ainakin mittaustulokset, teoreettiset mitat sekä sallitut poikkeamat ja niiden ylitykset.

Jos mittaustulos ylittää raja-arvon, toimitaan luvussa 3.10 esitetyllä tavalla.



- A.1 12.3 Kokoonpanojen geometrysten mittausten mittauskohdat ja mittaustaajuus

Kohdassa 3.10 on esitetty silloille suoritettavat mittaukset ja niiden kohdat. Valmistajan tulee kuitenkin aina laatia ko. sillalle mittaussuunnitelma InfraRYL kohtaa kohdan 42001.5 ja tämän ohjeen periaatteita soveltaen.

OPASTAVIA TIETOJA Sillan rakennussuunnitelmassa voidaan esittää tarkennuksia ja lisäyksiä kohdassa 3.10 esitettyihin mittauksiin.

- A.2 12.3 Voidaanko muita menetelmiä käyttää rakenneputkien pinnan paikallisten lommojen korjaamisessa

Muita menetelmiä voidaan käyttää vain erikseen niin sovittaessa.

OPASTAVIA TIETOJA Normaalisti silloissa käytettävät rakenneputket ovat niin paksuseinäisiä, että ongelmaa ei esiinny.

Mikäli rakenneputken paikallisen lommon korjauksessa käytetään hitsausta, hitsauksen vaikutus väsytykestävyyteen (väsytysluokan muutos) tulee tarkastaa.

#### 3.11.4 Hitsaus

- A.2 12.4.2.2 Edellytetäänkö hitseille tehtäväksi silmämääräisen tarkastuksen lisäksi muuta NDT-tarkastusta toteutusluokassa EXC1

Siltarakenteiden toteutusluokkien valintaperiaatteet on esitetty NCCI 4:ssä, ks. myös tämän ohjeen kuku 2.2.

OPASTAVIA TIETOJA Sillan teräksisten pääkannattajien asennuksen aikana tarvittavissa toteutusluokkaan EXC1 kuuluvissa rakenteissa voidaan vaatia muita kuin silmämääräisiä NDT-tarkastuksia. Vaatimus esitetään tällöin sillan rakennussuunnitelmassa.

- A.2 12.4.2.2 Esitetäänkö vaatimuksia tarkastaa tiettyjä hitsejä

Hitsien tarkastus tehdään tämän ohjeen ja standardin SFS-EN 1090-2 mukaan. Silmämääräinen tarkastus tehdään aina 100 %:sti. Sillan rakennussuunnitelmassa esitetään joko

- a) hitsien käyttöasteet, jolloin valmistaja voi standardin SFS-EN 1090-2 taulukon 24 ja alla olevan perusteella valita NDT-tarkastuksen laajuuden tai
- b) hitsien tarkastuslaajuudet.

NDT-tarkastuksen laajuus on SFS-EN 1090-2 taulukon 24 mukainen seuraavin poikkeuksin:

- a. Jos suunnitelmissa ei ole yksiselitteisesti esitetty lämpänpäätisliitosten hyväksikäyttöasteita tai muutoin



esitetty laippahitsien tarkastuslaajuutta tehdään niille ultraäänitarkastus (UT) 100 %:sti kaikissa toteutusluokissa. Samoin tarkastetaan T-liitokset, joissa on levyn paksuussuunnassa vetorasituksia.

- b. Työmaalla tehdyt laippojen jatkohitsit UT-tarkastetaan aina 100 %:sti.
- c. Työmaalla tehdyt uuman jatkohitsit ja muut poikittaiset läpihitsatut hitsit UT-tarkastetaan EXC3 luokassa 20 %:sti ja EXC4 luokassa 100 %:sti.
- d. Radiograafisella tarkastuksella (kuvaamisella) (RT) täydennetään UT-tarkastusta. Paksuudeltaan 6...40 mm hitsit kuvataan, jos UT-tarkastuksessa löytyy virheitä, joiden laatua ja laajuutta ei UT-menetelmällä voida luotettavasti määrittää. Yli 40 mm paksuja hitsejä ei kuvata.
- e. Magneettijauhetarkastus (MT) tehdään kaikille hiotuille hitseille ja muille hiottavaksi määrätyille alueille (esimerkiksi poistettujen nostokorvien hiotut kohdat), B-luokan jatkohitsien päätteille ja laipan jatkosten hiotuille reuna-alueille 100 %:sti.

OPASTAVIA  
TIETOJA Rakennussuunnitelmassa voidaan esittää lisävaatimuksia edellä esitettyihin tarkastuslaajuuksiin. Muita kuin em. ohjeissa määriteltyjä tarkastustoimenpiteitä tarvitaan vain erikoisrakenteissa tai -kohdissa. Vaatimukset näistä tarkastusmenetelmistä ja niiden laajuudesta esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

#### LIVI 12.4.2.5 Hitsien korjaus

Jos hitseissä havaitaan virheitä, on virheiden syyt selvitettävä, ennen kuin korjaamiseen ryhdytään. Korjaamisen takia rakenteen lujuus ei saa heikentyä eivätkä muut sen käyttökelpoisuuteen vaikuttavat ominaisuudet huonontua.

Hitsauskorjauksesta laaditaan yksityiskohtainen suunnitelma. Hitsien korjaussuunnitelma on esitettävä tilaajan edustajalle ennen kuin korjaukseen ryhdytään. Kirjallista korjaussuunnitelmaa ei tarvita, jos työ on tavanomainen ja vaikutuksiltaan vähäinen.

Yleensä alamittaisia pienahitsejä ei tarvitse vahvistaa, jos molemmat seuraavat ehdot toteutuvat:

- alitus on paikallinen (pituudeltaan korkeintaan 20 % sauman pituudesta ja enintään 500 mm) ja
- mitattu a-mitta on enintään 1 mm vaadittua pienempi silloin kun vaatimus on yli 5 mm ja enintään 0,5 mm vaadittua pienempi kuin vaatimus on  $\leq 5$  mm.

Kuitenkin päätöksen korjaamisesta tai korjaamatta jättämisestä tekee aina rakennesuunnittelija jännitystarkastelujen ja korjauksen kokonaisvaikutuksen arvioinnin jälkeen.

Alamittaiset pienahitsit korjataan seuraavasti:

- korjauskohta puhistetaan
- tarvittaessa esilämmitetään ohjeiden mukaisesti
- korjaushitsataan vajaat saumat.

Hitsin pinnan tasaisuutta, muotoa ja liittymistä perusaineeseen voidaan parantaa esimerkiksi hiomalla. TIG-käsittely on myös yleensä sallittu. Jos hitsaussuunnitelman hyväksyminen edellyttää menetelmäkokeita, on TIG-käsittely otettava mukaan kokeisiin.

Korjausta varten hitsiä avataan vähintään 10-kertaisen hitsin paksuuden tai a-mitan matkalta kuitenkin vähintään n. 75 mm. Korjaushitsauksessa esilämmitys saattaa olla tarpeen, vaikka varsinainen hitsaus ei sitä edellyttäisikään. Korjausten yhteydessä suositellaan 50 °C korkeampaa esilämmitystä kuin valmistuksessa. Kuumentamalla korjauskohdan ympäristöä voidaan hitsauksesta aiheutuvia sisäisiä jännityksiä pienentää. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon kyseisen kohdan teräslaadulle kuumennuksen suhteen standardeissa asetetut rajoitukset.

OPASTAVIA  
TIETOJA Sytytysjäljet voidaan poistaa hiomalla perusainetta noin 1 mm juosteasti.

Laadultaan ja sijainniltaan paikallisia hitsausvirheitä, jotka täyttävät seuraavaksi alemman laatuluokan vaatimukset ei yleensä tarvitse korjata. Tällöin rakennesuunnittelijan tulee varmistaa, että rakenteen staattinen ja väsytyksestävyys on kuitenkin riittävä.

#### A.2 12.4.4 Vaaditaanko toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 työkohteita

Standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 12.4.4 mukaiset työkohteet vaaditaan ajoneuvo- ja raideliikenteen silloilla.

OPASTAVIA  
TIETOJA Sillan rakennussuunnitelmassa pienahitsien a-mitta ilmoitetaan aina ilman tunkeumaa. Valmistaja voi menetelmäkokeilla osoittaa hitsausprosessin tuottaman jatkuvan tunkeuman. Rakennussuunnitelmissa vaadittua pienahitsin a-mittaa voidaan tällöin pienentää menetelmäkokeissa osoitetun tunkeuman verran.

### 3.11.5 Mekaaninen kiinnittäminen

- LIVI 12.5 Tarkastuksessa todetaan liitoksen yhteensopivuus, liitospintojen pintakäsittely, reikien koko ja laatu sekä ruuvien koko, laatu ja lukumäärä.
- Vaatimustenmukaisuus osoitetaan tarkastus- ja mittauspöytäkirjoilla, jotka liitetään laaturaporttiin.
- OPASTAVIA TIETOJA Liittimien esijännitysvoima mitataan yleensä kalibroidulla momenttiavaimella.
- A.1 12.5.1 Eristysjärjestelmän tarkastamista koskevat vaatimukset
- Ruostumattomien terästen ja muiden metallien välinen eristysjärjestelmä tarkistetaan silmämääräisesti, ja tarkastuslaajuus on 100 %. Sillan rakennussuunnitelmassa voidaan antaa lisävaatimuksia tarkastukselle
- OPASTAVIA TIETOJA Valmistaja laatii tarkastuksesta InfraRYL kohdan 42001.4.5 mukaisen suunnitelman ja dokumentoinnin.
- A.1 12.5.2.1 Ruostumattomissa teräsrakenteissa käytettävien esijännitettävien ruuvien testausta ja tarkastamista koskevat vaatimukset
- Ruuvikokoonpano mahdollisine eristeineen tulee testata standardin SFS-EN 1090-2 liitteiden H ja G mukaisesti.
- Esijännitettävillä ruuveilla suoritetaan 100 % silmämääräinen tarkastus ennen asennusta
- OPASTAVIA TIETOJA Katso vastaava kohta Teräsrakenneyhdistyksen julkaisusta 'Teräsrakenteiden toteuttaminen, ohjeita toteutuseritelmän laatimiseksi, SFS-EN 1090-2 liite A'.
- A.2 12.5.2.3 Muun kuin liitteen M mukaisen peräkkäisnäytesuunnitelman käyttö tarkastusmenetelmänä
- Käytetään standardin SFS-EN 1090-2 liitteen M mukaista sekvenssiotantaa.
- OPASTAVIA TIETOJA Käytettäessä muuta kuin standardin SFS-EN 1090-2 liitteen M mukaista sekvenssiotantaa, menetelmän yksityiskohdat esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.
- A.2 12.5.2.3 Vaaditaanko ylikiristymisen tarkistus
- Ruuvien ylikiristymisen tarkistamista ei edellytetä.
- Esijännitysmenetelmässä käytetyt työkalut ja laitteet tulee aina kalibroida ennen työn aloitusta.

**OPASTAVIA  
TIETOJA** Mikäli ruuvien esijännittämisen yhteydessä havaitaan ruuvien ylikiristymistä, selvitetään ylikiristymisen syyt ja ryhdytään tarvittaviin korjaaviin toimenpiteisiin. Korjaavat toimenpiteet hyväksytetään teräsrakenteiden rakenne-suunnittelijalla.

Vääntömomenttimenetelmää tai yhdistettyä menetelmää käytettäessä ruuvien ylikiristymistä voi esiintyä, jos esim. pintakäsittelyt tai rasvaukset eivät vastaa kalibroinnissa käytettyjä.

**A.1 12.5.5.1** Liitosten tarkastamista koskevat vaatimukset, kun liitoksissa käytetään erityiskiinnittimiä tai -kiinnitysmenetelmiä

Erityisliittimien tarkastamista koskevat vaatimukset esitetään sillan rakennussuunnitelmassa. Tämän perusteella valmistaja laatii InfraRYL kohdan 42001.4.5 mukaisen tarkastussuunnitelman ja dokumentoinnin.

**OPASTAVIA  
TIETOJA** Tarkastusvaatimuksia ja tarkastussuunnitelmaa laadittaessa voidaan ottaa huomioon toimittajan ohjeita.

### **3.11.6 Asennus**

**A.1 12.7.1** Koeasennuksen tarkastamista koskevat vaatimukset

Tarvittaessa vaatimus sillan tai sen osan koeasennuksesta ja sen tarkastamisesta esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

Valmistajan tulee laatia koeasennuksesta aina InfraRYL kohdan 42001.4.4 mukainen tekninen työsuunnitelma

**OPASTAVIA  
TIETOJA** Koeasennus voidaan korvata riittävän tarkkoilla mittauksilla. Jos rakennussuunnitelmissa on vaadittu koeasennus, sen korvaamiseen mittauksilla on saatava tilaajan lupa.

Toisaalta valmistaja voi suorittaa koeasennuksen ilman suunnitelmissa esitettyä vaatimustakin, jos katsoo sen tarpeelliseksi.

**A.2 12.7.3.1** Edellytetäänkö toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 rakenteen hyväksymisen yhteydessä tehtävien mittatarkastusten tallentamista

Silloille suoritettujen mittatarkastusten tulokset tallennetaan aina InfraRYL kohdan 42001.4.5.3.2 mukaisesti.

Siltojen mittatarkastukset suoritetaan ja dokumentoidaan InfraRYL kohdan 42001.5 ja tämän ohjeen mukaisesti.

**OPASTAVIA  
TIETOJA** Tulosten tallentamista koskevia täydentäviä vaatimuksia voidaan esittää lisäksi sillan rakennussuunnitelmassa.

Siltojen mittatarkastukset tehdään ja dokumentoidaan aina InfraRYL:n ohjeiden mukaan standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 12.7.3.1 määräyksistä riippumatta.

A.1 12.7.3.4 Liitosten (kiinnitysten) solmupisteiden mittauspaiikat ja mittauksen taajuus

Mittatarkastukset suoritetaan tämän ohjeen ao. kohtien mukaan. Mittatarkastuksia koskevat lisävaatimukset esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA Valmistaja laatii aina sillan mittauksista InfraRYL kohdan  
TIETOJA 42001.5 mukaiset mittaussuunnitelmat ja dokumentoinnit.

A.2 12.7.3.4 Edellytetäänkö muiden kuin nurkkapisteisiin liittyvien kokoonpanojen asema mitattavaksi

Sillan rakennussuunnitelmassa esitetään sillan paikoilleen mittaukseen käytettävät sillan pisteet sekä niiden mittaustajankohdat. Mittauksissa noudatetaan tämän ohjeen ja InfraRYL kohdan 42001.5 määräyksiä.

OPASTAVIA Mikäli muita mittauksia vaaditaan, ne esitetään sillan ra-  
TIETOJA kennussuunnitelmassa.

Sillan sijainnille asetetut vaatimukset on esitetty InfraRYL kohdassa 42001.2.2.

A.2 12.7.3.4 Muiden kuormitusten kuin teräsrakenteen oman painon huomioon ottaminen mittauksessa

Mittaukset suoritetaan sillan rakentamisen eri vaiheissa, jotka esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA Terässilloille mittauksia suoritetaan ainakin sillan teräsrakenteen paikoilleen asennuksen jälkeen ja sillan ollessa valmiina. Sillan rakennussuunnitelmassa voidaan vaatia mittausten tekemistä myös muissa vaiheissa.

A.1 12.7.4 Kuorman toleranssialue, jos rakenteen kokoonpanot asennetaan tietylle kuormalle

Vaatimukset esitetään hankekohtaisesti sillan rakennussuunnitelmassa.

OPASTAVIA Kuorman tai voiman toleranssiraja tulee aina osoittaa laskennallisesti sillan suunnittelijan toimesta.

## 3.12 Työ- ja ympäristönsuojelu

### 3.12.1 Yleistä

LIVI - Teräsrakenteiden toteutuksen osalta työturvallisuudessa noudatetaan InfraRYLin kohtaa 42001.8.3 ja SILKO-ohjetta 1.111, ellei urakkaohjelmassa tai rakennussuunnitelmassa ole muuta esitetty.

Ympäristönsuojelussa noudatetaan InfraRYLin kohtaa 42001.8.4 sekä SILKO-ohjeen 1.112 luvun 2 suojelutoimenpiteitä, ellei urakkaohjelmassa tai rakennussuunnitelmassa ole muuta esitetty.

Ratasiltojen työ- ja ympäristönsuojelua on käsitelty tarkemmin seuraavissa Liikenneviraston ohjeissa:

- Turvallinen työskentely sähköistetyllä radalla
- Radanpidon turvallisuusohjeet
- Radanpidon ympäristöohje

### 3.12.2 Työsuojelun erityispiirteet terässiltarakenteissa

LIVI - Teräsrakenteiden valmistus ja asennus sisältää tyypillisesti paljon raskaiden esineiden nostoja. Nostoissa riskitekijöitä on paljon; nostopaikat ja niiden kesto, sääolosuhteet, kalusto ja välineet, pohjaolosuhteet, jne. Nostojen työsuunnitelmat ja asianosaisten perehdytys tulee tehdä huolella ja kiinnittää erityistä huomiota työturvallisuuteen.

Teräsrakenteiden työnaikaiset tuennat tulee aina varmistaa siten, että raskaat rakenteet eivät pääse putoamaan niiden läheisyydessä työskentelevien päälle. Erityistä huomiota tulee kiinnittää asennushitseihin ja niiden varmistamiseen työn aikana.

Terässillat sijaitsevat usein korkeissa maastonkohdissa tai vesistöjen yläpuolella, jolloin putoamissuojauksen suunnittelun ja toteutuksen tärkeys korostuu.

Työskenneltäessä talvisissa olosuhteissa tulee ottaa huomioon alustojen liukkaus sekä lumen ja pakkasen aiheuttamat haasteet työn toteutukselle.

Asentamisvaiheesta laaditaan aina riskikartoitus, jossa mm. edellä mainitut asiat tulee esittää. Konepajatoiminnassa työturvallisuusasiat esitetään laatujärjestelmässä, jos näin ei ole niin myös konepajatoiminnoista on laadittava erillinen riskikartoitus.

Asentamisaikaisia kuormia on esitetty Liikenneviraston soveltamisohjeessa NCCI 4 kappaleessa 4.1.

### 3.12.3 Ympäristönsuojelun erityispiirteet teräsrakenteissa

- LIVI - Ympäristönsuojelun kannalta merkittävin tekijä teräsrakenteissa on pintakäsittely ja erityisesti työmaalla tapahtuva pintakäsittely. Työkohte on suojattava huolella suihkupuhdistus- ja maalipölyn leviämisen estämiseksi ympäristöön. SILKO-ohjeissa 1.112 ja 1.351 on esitetty kattavasti pintakäsittelytyöissä huomioon otettavat ympäristöasiat.





# Toteutuseritelmä, mallidokumentti

## MALLISILTA TERÄSRAKENTEEN TOTEUTUSERITELMÄ

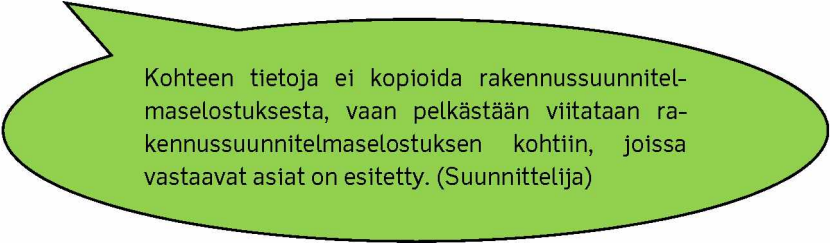
### 1 KOHTEEN TIEDOT

#### 1.1 SILTAPAIKAN YLEISKUVAUS

Sillan yleiskuvaus on esitetty rakennussuunnitelmaselostuksen kohdassa x.x.

#### 1.2 RAKENTAMISTAPA

Sillan rakentamistapaa kuvaus on esitetty rakennussuunnitelmaselostuksen kohdassa x.x.



Kohteen tietoja ei kopioida rakennussuunnitelmaselostuksesta, vaan pelkästään viitataan rakennussuunnitelmaselostuksen kohtiin, joissa vastaavat asiat on esitetty. (Suunnittelija)

### 2 TILAAJAN, TOTEUTTAJIEN JA SUUNNITTELIJOIDEN TIEDOT

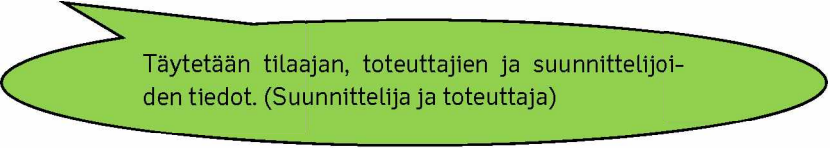
Tilaaajan, toteuttajien ja suunnittelijoiden tiedot on esitetty urakkaohjelmassa ja urakkasopimuksessa.

Tilaaaja: N.N

Suunnittelijat: N.N

Pääurakoitsija: N.N

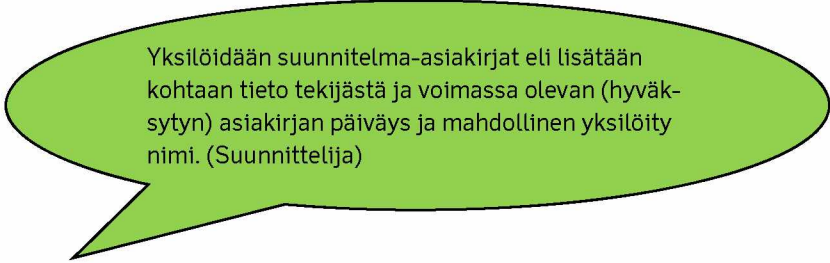
Teräsrakenteen valmistaja: N.N



Täytetään tilaaajan, toteuttajien ja suunnittelijoiden tiedot. (Suunnittelija ja toteuttaja)

### 3 LAADITUT SUUNNITELMA-ASIAKIRJAT

#### 3.1 SUUNNITTELIJAN LAATIMAT ASIAKIRJAT



Yksilöidään suunnitelma-asiakirjat eli lisätään kohtaan tieto tekijästä ja voimassa olevan (hyväksytyn) asiakirjan päiväys ja mahdollinen yksilöity nimi. (Suunnittelija)

##### 3.1.1 Varsinaiset suunnitelmat

Sillan rakennussuunnitelmat sisältävät:

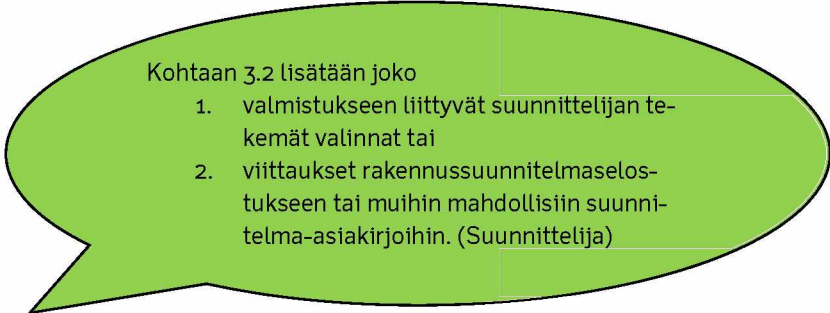
- Suunnitelmapiirustukset, piirustusluettelo, x.x.20xx / tekijä
- Rakennussuunnitelmaselostus, x.x.20xx / tekijä
- Siltakohtaiset laatuvaatimukset, x.x.20xx / tekijä
- Asennustapaehdotus, x.x.20xx / tekijä.

##### 3.1.2 Muut asiakirjat

Sillalle on lisäksi laadittu suunnittelijan toimesta:

- Turvallisuusasiakirja, x.x.20xx / tekijä
- Riskikartoitus, x.x.20xx / tekijä

#### 3.2 SUUNNITTELIJAN TEKEMÄT TERÄSRAKENTEEN VALMISTUKSEEN LIITTYVÄT OLENNAISET VALINNAT



Kohtaan 3.2 lisätään joko

1. valmistukseen liittyvät suunnittelijan tekemät valinnat tai
2. viittaukset rakennussuunnitelmaselostukseen tai muihin mahdollisiin suunnitelma-asiakirjoihin. (Suunnittelija)

##### 3.2.1 Rakenteiden toteutusluokka

Sillan teräsrakenteiden pääasiallinen toteutusluokka on EXC 3.

Sillan rakennussuunnitelmaselostuksen kohdassa x.x on esitetty tästä poikkeavat toteutusluokat rakenneosittain (vaihtoehtoisesti poikkeavat toteutusluokat esitetään tässä).

##### 3.2.2 Rakenteiden toleranssit

Teräsrakenteet valmistetaan standardissa SFS-EN 1090-2 määriteltyjen 2. luokan toiminnallisten valmistustoleranssien mukaan. Standardin SFS-EN 1090-2 liitteen D toiminnalliset toleranssit korvataan kuitenkin soveltamisohjeen NCCI T taulukoissa 5 ja 6 esitetyillä siltoja koskevilla erityistoleransseilla.

Sillan rakennussuunnitelmaselostuksen ao. kohdissa x.x on esitetty taulukoiden vakiovaatimuksista poikkeavat tai niitä täydentävät toleranssit (vaihtoehtoisesti poikkeavat ja täydentävät toleranssit esitetään tässä toteutuseritelmän kappaleessa).

### **3.2.3 Hitsiluokat ja hitsien tarkastuslaajuus**

Sillan kantavien rakenteiden pääasiallinen hitsiluokka on B standardin SFS-EN ISO 5817 mukaan.

Sillan suunnitelmapiirustuksissa ja/tai sillan rakennussuunnitelmaselostuksessa on esitetty rakenteen kohdat, joissa vaaditaan/sallitaan käytettäväksi jonkin muun luokan mukaisia hitsejä.

Hitsien tarkastuslaajuuksien osalta noudatetaan standardin SFS-EN 1090-2 taulukossa 18 esitettyjä laajuuksia ja standardin soveltamisohjeen NCCI T kohdan A.2 12.4.2.2 mukaisia tarkennuksia. Sillan rakennussuunnitelmassa esitetään tarkastuslaajuudet.

### **3.2.4 Teräsrakenteiden esikäsittelyluokka**

Sillan teräsrakenteen esikäsittelylle asetetut yleiset vaatimukset on esitetty soveltamisohjeen NCCI T kohdassa 3.9.2.

Sillan rakennussuunnitelmaselostuksen kohdassa x.x on esitetty em. soveltamisohjeen vaatimuksia täydentäviä vaatimuksia (vaihtoehtoisesti täydentävät vaatimukset esitetään tässä toteutuseritelmän kappaleessa).

### **3.2.5 Rakenteiden pintakäsittely**

Sillan pääasiallinen maalausjärjestelmä on x.x.

Sillan suunnitelmapiirustuksissa ja/tai sillan rakennussuunnitelmaselostuksen kohdassa x.x on kerrottu sillan eri osien maalausjärjestelmät.

### **3.2.6 Perusvalinnoista A.1 ja A.2 poikkeavat määritykset**

Standardin SFS-EN 1090-2 mukaiset valinnat A.1 ja A.2 on esitetty standardin soveltamisohjeessa NCCI T.

Soveltamisohjeesta poikkeavat valinnat on esitetty rakennussuunnitelmaselostuksessa luvussa x.x (vaihtoehtoisesti ne voidaan esittää tässä toteutuseritelmän kappaleessa).

Esimerkki:

A.1      9.4.1      *Viitelämpötila mittojen asettamiselle työmaalla ja teräsrakenteiden mittauksille*

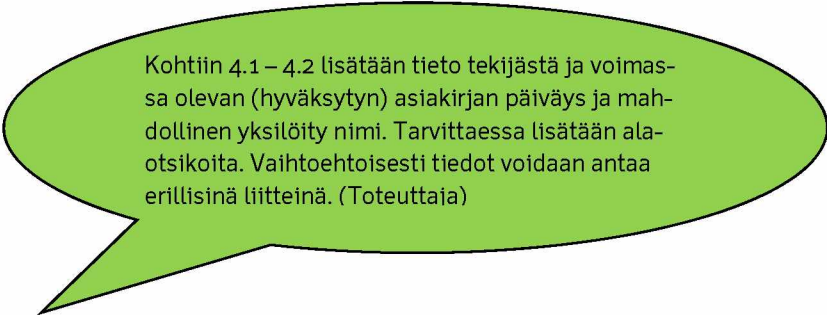
*Teräsrakenteiden mitat on suunniteltu ja rakenteet mitoitetaan (pituusmitat) käyttäen viitelämpötilan arvoa  $T_0 = \pm 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .*

### **3.2.7 Liikenneviraston kelpoisuusvaatimukset**

Standardin SFS-EN 1090-2 soveltamisohjeessa NCCI T on esitetty Liikenneviraston kelpoisuusvaatimukset, joita on noudatettava Liikenneviraston terässiltahankkeissa.

Kohdekohtaiset poikkeukset on esitetty rakennussuunnitelmaselostuksessa luvussa x.x (vaihtoehtoisesti ne voidaan esittää tässä toteutuseritelmän kappaleessa).

#### 4 KOHTEEN TOTEUTTAJAN LAATIMAT JA TOIMITTAMAT ASIAKIRJAT



Kohtiin 4.1 – 4.2 lisätään tieto tekijästä ja voimassa olevan (hyväksytyn) asiakirjan päiväys ja mahdollinen yksilöity nimi. Tarvittaessa lisätään alaosikoita. Vaihtoehtoisesti tiedot voidaan antaa erillisinä liitteinä. (Toteuttaja)

##### 4.1 TEKNISET TYÖSUUNNITELMAT

Teräsrakenteiden toteuttaja laatii seuraavat soveltamisohjeen NCCI T kohdan 3.2.1 mukaiset tekniset työsuunnitelmat sekä toimittaa ne tilaajalle:

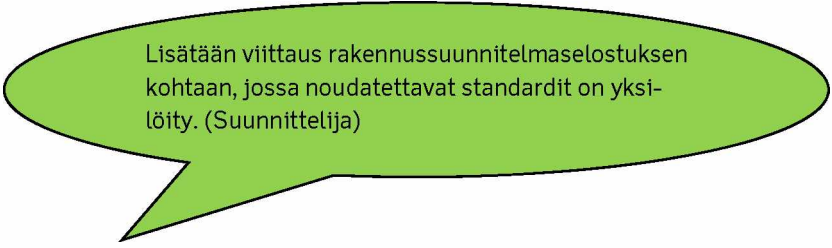
- Valmistussuunnitelmat
  - o Hitsaussuunnitelma NCCI T kohdan 3.6.1 ja SFS-EN ISO 1990-2 mukaan, x.x.20xx / tekijä
  - o Pintakäsittelysuunnitelma SFS-EN ISO mukaan, x.x.20xx / tekijä
- Asennussuunnitelmat
  - o Kuljetus-, nosto- ja siirtosuunnitelmat, x.x.20xx / tekijä
  - o Asennushitsaussuunnitelmat, x.x.20xx / tekijä
  - o Pintakäsittelysuunnitelmat asennuspaikalla tapahtuvasta pintakäsittelystä, x.x.20xx / tekijä

##### 4.2 LAADUN VARMISTUS

Teräsrakenteiden toteuttaja laatii seuraavat soveltamisohjeen NCCI T kohdan 3.2.2 ja InfraRYL kohdan 42001.4.2 mukaiset laatusuunnitelmat sekä toimittaa ne tilaajalle:

- Projektikohtainen laatusuunnitelma x.x.20xx / tekijä) sisältäen mm.
  - o Organisaatiokaavion ja vastuunjaon
  - o Aikataulu työvaiheittain
  - o Laatupoikkeamien käsittelyn
  - o Riskien hallinnan
  - o Katselmointiohjelman
  - o Yhteydenpito tilaajan kanssa
- Mahdolliset tarvittavat työvaihekohtaiset laatusuunnitelmat, x.x.20xx / tekijä
- Tarkastussuunnitelmat seuraavien töiden/asioiden osalta SFS-EN 1990-2 mukaan:
  - o Hitsaus, x.x.20xx / tekijä
  - o Pintakäsittely, x.x.20xx / tekijä
  - o Rakenteen mittaukset, x.x.20xx / tekijä
- Työturvallisuussuunnitelma, x.x.20xx / tekijä

## 5 RAKENTAMISTA KOSKEVAT STANDARDIT JA OHJEET



Lisätään viittaus rakennussuunnitelmaselostuksen kohtaan, jossa noudatettavat standardit on yksilöity. (Suunnittelija)

Teräsrakenteen valmistuksessa noudatetaan standardia SFS-EN 1090-2 viitestandardeineen sekä Liikenneviraston julkaisua 'Standardin SFS-EN 1090-2 soveltamisohje, Teräsrakenteiden toteutus NCCI T' ohjeen kohdassa 1.1 esitetyllä tavalla.

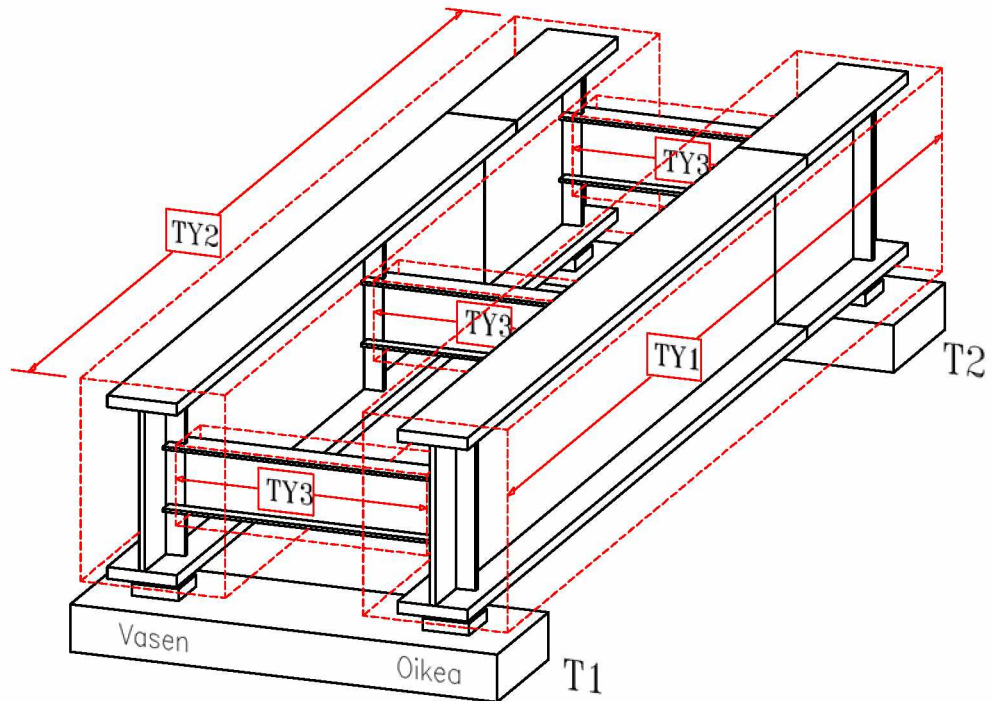
Lisäksi valmistuksessa noudatetaan InfraRYL kohdan 42001 ohjeita, määräyksiä ja vaatimuksia.

Sillan rakennussuunnitelmaselostuksen kohdassa x.x on esitetty sillan rakentamisessa noudatettavat muut standardit ja ohjeet (vaihtoehtoisesti täydentävät vaatimukset esitetään tässä toteutuseritelmän kappaleessa).

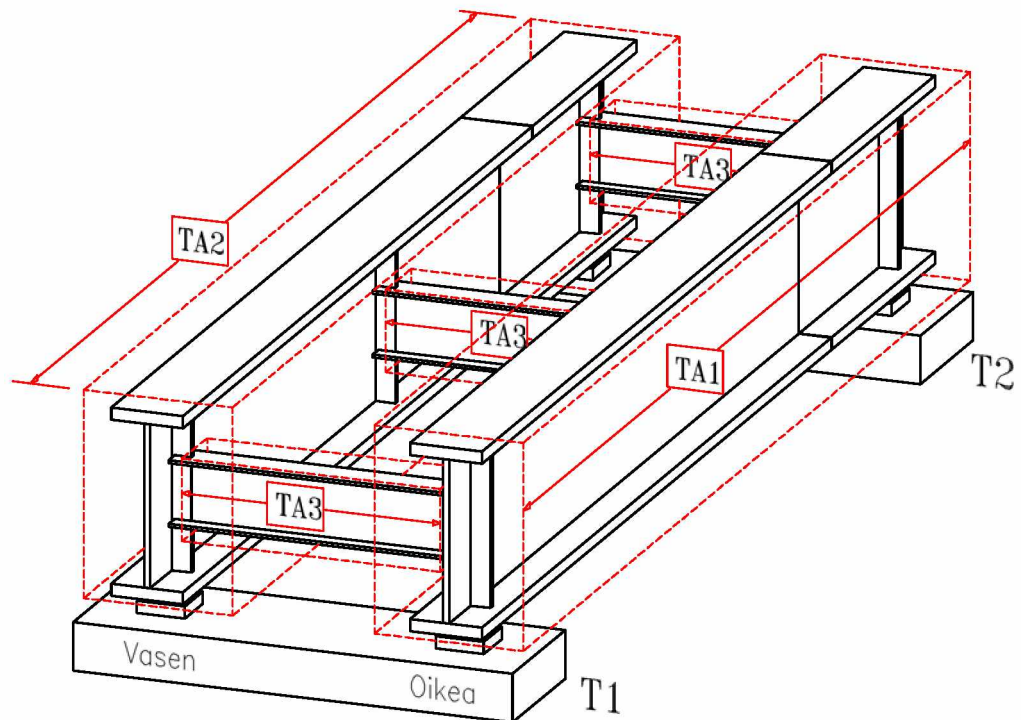




## Pintakäsittelyn työ- ja tarkastusalueet



Liite 2, kuva 1. Esimerkki työalueisiin jaosta.



Liite 2, kuva 2. Esimerkki tarkastusalueisiin jaosta. Tyypillisesti tarkastusalue on yhden tukivälin yksi pääkannatin. Poikkirakenteet voidaan yhdistää samaan tarkastusalueeseen.







